SAGAR

SUBSECRETARIA DE AGRICULTURA Y GANADERIA

MEJORAMIENTO GENETICO DE LAS ABEJAS

4

IICA

INTER-AMERICAN INSTITUTE FOR COOPERATION ON AGRICULTURE
OAS

ORIENTACIONES TECNICAS



PROGRAMA NACIONAL PARA EL CONTROL DE LA ABEJA AFRICANA



SECRETARIA DE AGRICULTURA GANADERIA Y DESARROLLO RURAL



Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura

MEJORAMIENTO GENETICO DE LAS ABEJAS

4

PROGRAMA NACIONAL PARA EL CONTROL DE LA ABEJA AFRICANA

Julio, 1998.

CONTENIDO

Presentación

La Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos en un esfuerzo por ofrecer cada día información técnica que sea de interés para profesionistas y técnicos, que le permita además contribuir a elevar el nivel técnico de los apicultores, continua con la edición de este tipo de manuales a través de los cuales pretende transmitir nuevas tecnologías, utilizando para ello un lenguaje sencillo y claro a fin de lograr el objetivo deseado.

En esta ocasión, el manual de mejoramiento genético viene a cubrir uno de los temas más importantes dentro del Programa, ya que consideramos que la genética es la base fundamental que evitará con toda seguridad la africanización de la apicultura de nuestro país, logrando con ello mantener una producción de alta calidad, como siempre ha caracterizado a la apicultura Mexicana.

INTRODUCCIÓN

La apicultura Mexicana es una actividad muy arraigada en todo el País, se encuentra en manos de 45,000 familias campesinas y de una docena de empresas integradas, que han logrado resaltar la actividad a nivel mundial por los altos volumenes de exportación de miel y la calidad de la misma.

A pesar de la presencia y dispersión de las abejas africanas en el territorio, aún no se han presentado en forma alarmante los efectos indeseables que disminuyeron la actividad en Centro y Sudamérica, lo cual es resultado del esfuerzo de autoridades y apicultores en el control de estas abejas.

Ante esta situación el Programa Nacional para el Control de la Abeja Africana, ha publicado algunos manuales de orientaciones técnicas con el objeto de llevar los conocimientos mínimos indispensables a la población y apicultores para enfrentar los problemas ocasionados por las abejas africanas.

Son muchas las acciones que se están llevando a cabo, importantes e indispensables para mantener la apicultura con la productividad y el dinamismo que la caracterizan, sin embargo, estas acciones por sí solas no solucionarán el problema, es necesario iniciar la prepara-

ción de profesionales y apicultores en genética de abejas para buscar, identificar y obtener las características deseables como son, mancedumbre, productividad, baja tendencia a la enjambrazón etc. y así transmitirlas a sus descendientes, de esta manera se logrará el desarrollo de la apicultura.

Con la dispersión de las abejas africanas y la saturación de las principales áreas apícolas del país, es importante buscar las alternativas genéticas para producir abejas europeas competitivas, o bien, desarrollar híbridos entre ambas, manejables y productivos y por último mejorar a las abejas africanas quitándoles las características indeseables y fijando las deseables.

Por lo anterior es necesario el conocimiento de las bases reproductivas y genéticas de las abejas, así como implementar programas de selección y mejoramiento genético permanentes, y modificar así a las abejas de acuerdo a los intereses de la apicultura.

Agradecemos a la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) el apoyo que brindó a través del proyecto T.C.P./MEX/8951 de rehabilitación de la apicultura en la Península de Yucatán, con el cual se contrató al Dr. Jersy Woyke, a quien agradecemos también la dedicación y profesionalismo con que nos atendió y orientó durante sus conferencias. Este manual se elaboró resumiendo las conferencias presentadas por el Dr. Woyke así como con información recopilada por personal del Programa Nacional para el Control de la Abeja Africana.

Esta publicación es de orientaciones técnicas "Mejoramiento genético de las abejas", dirigido a profesionistas, Médicos Veterinarios, Biólogos, Agrónomos y a criadores de abejas reinas y apicultores que estén seriamente interesados en el mejoramiento genético de las abejas. Sabemos la importancia que tiene la difusión de la tecnología en nuestro medio para lograr mejorar en parte lo que tenemos.

Mejoramiento Genético de las Abejas

BIOLOGÍA DE LA ABEJA REINA

1. EN LAS COLONIAS DE ABEJAS EXISTEN TRES CONDICIONES FUNDAMENTALES POR LAS QUE SE CONSTRUYEN CELDAS REALES PARA CRIAR ABEJAS REINAS.

1.1 ENJAMBRAZÓN

Se presenta principalmente durante las épocas de floración, cuando hay afluencia de néctar y polen a la colmena, esto ocasiona un incremento en la postura y por consecuencia un número extraordinario de abejas. En estas condiciones la feromona real, producida por la reina y que contribuye a mantener la cohesión de la familia apícola no es suficiente para sustentar el equilibrio, lo que determina la preparación de la colonia para multiplicarse. En este caso las abejas construyen celdas reales, la reina ovoposita en ellas y se inicia la crianza de abejas reinas para dar origen a un enjambre.

1.2 EMERGENCIA

Cuando por alguna causa desaparece la reina de la colonia (muere), las abejas eligen pequeñas larvas que la reina anterior haya de-

jado y construyen celdas reales tomando como base la celda original de obrera.

1.3 REEMPLAZO

Otro caso muy frecuente se presenta cuando la reina madre presenta alguna deficiencia física o vejez y las abejas tienden a sustituírla. Construyen celdas reales eligiendo pequeñas larvas para criar reinas, estos casos se presentan al inicio de la floración cuando la colonia debe desarrollarse mucho y la reina que existe no cumple con eficiencia esta necesidad. Generalmente se eligen dos o tres larvas resultando reinas de muy buena calidad, en ocasiones suelen encontrarse ovopositando en la misma colonia la reina madre y la hija pero esta condición no se prolonga por mucho tiempo.

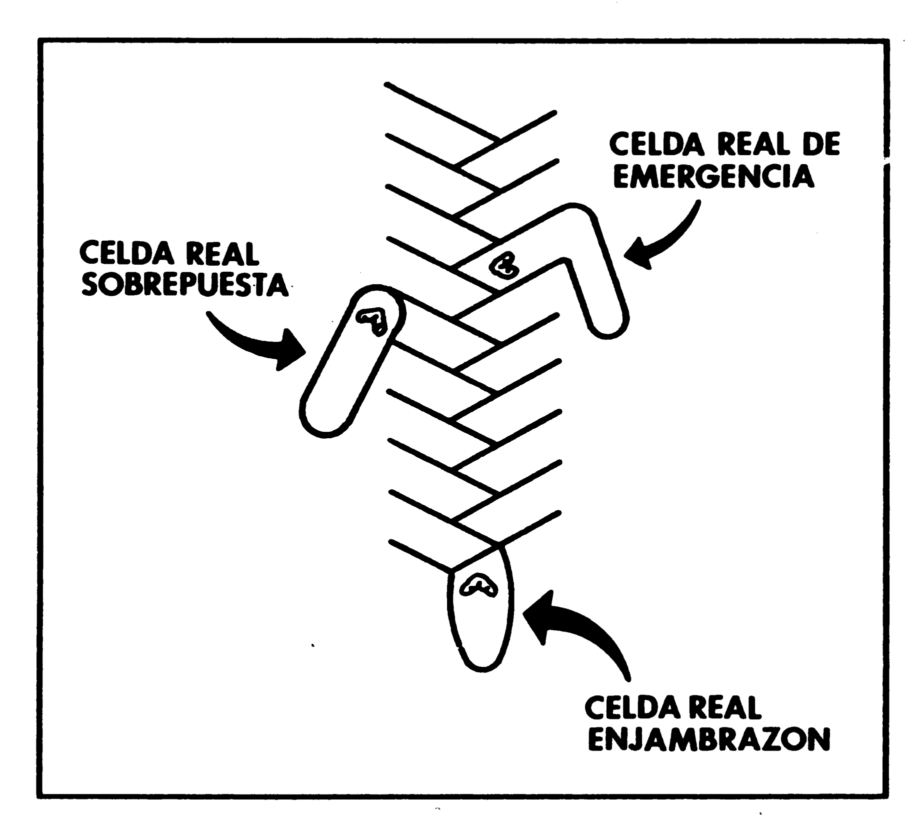


FIG. No. 1

Cuando la larva real ha pasado del quinto día de desarrollo, la celda es operculada y la 2a. larva teje un capullo, cuya punta es gruesa y delgada en su parte superior, esto impide que las abejas puedan destruirla por la punta, además, las larvas producen una feromona que impide que las obreras destruyan la celda. Cuando la reina alcanza su desarrollo total y las obreras no le permiten emerger, la reina practica una perforación a través de la celda para sacar la lengua y recibir alimento.

2. ANATOMÍA Y FISIOLOGÍA DE LOS ORGANOS REPRODUCTORES

2.1 APARATO REPRODUCTOR FEMENINO

Las abejas reinas poseen dos grandes ovarios en la cavidad abominal constituídos cada uno por aproximadamente 150 túbulos llamados ovariolos, los cuales se unen en su parte distal para formar los oviductos laterales que a su vez se fusionan para constituír el oviducto medio al que desemboca un conducto que proviene de la espermateca, por donde primero ascienden los espermatozoides después de la copulación y posteriormente descienden para fecundar a los huevos provenientes de los ovariolos.

2.1.1. MADUREZ SEXUAL

Las abejas reinas maduran sexualmente cinco días después de emerger de su celda y realizan sus vuelos de orientación que duran entre dos y tres minutos, posteriormente, entre los 6 y 8 días inician sus vuelos de copulación hacia las áreas de congregación de los zánganos, volando a 6 metros o más de altura, las abejas reinas copulan con varios zánganos, en promedio 8, pero pueden ser más o menos, cada zángano que se acopla con la reina, pierde en el órgano genital de ésta parte de su órgano copulador lo que le ocasiona la muerte.

La reina recibe durante la copulación hasta 80 millones de espermatozoides que se localizan en la vagina y oviducto medio y por

quimiotactismo positivo, emigran hacia la espermateca y penetran en ella aproximadamente el 6.2%, el resto son expulsados al exterior. Cabe mencionar que cada zángano puede aportar hasta 10 millones de espermatozoides.

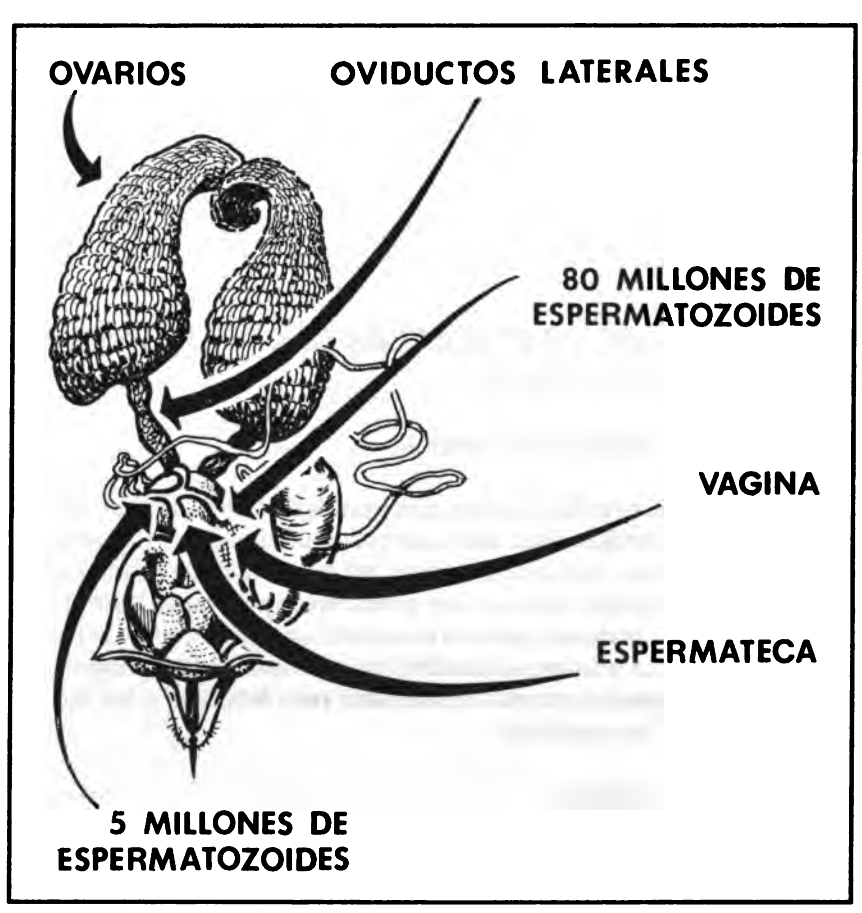


FIG. No. 2

2.1.2. VUELOS DE ACOPLAMIENTO

Se sabe que cuando las abejas reinas realizan sus vuelos de acoplamiento y captan solamente 3.5 millones de espermatozoides, o menos en su espermateca, salen de la colmena por segunda vez para copular, cuando obtienen más de 4.5 millones, hacen otro vuelo pero

no copulan, y si han captado más de 5 millones, no realizan ningún otro vuelo.

Cuando las abejas reinas logran copular en dos vuelos, se pueden almacenar en la espermateca hasta 6 millones de espermatozoides y si lo hacen en tres vuelos, se puede encontrar hasta 7 millones. Algunos autores mencionan que los espermatozoides se mezclan en la espermateca, pero no completamente, solo en la superficie de contacto, pero esta información no esta confirmada.

Las abejas reinas que por algunas condiciones especiales (climáticas, encierro) no realizan sus vuelos de copulación en el tiempo en el que deben ser realizados, ya no saldrán de su colonia para copular y esperan 30 días para después iniciar postura de huevos sin fecundar que originarán zánganos.

Es importante mencionar que las abejas reinas viejas de muy buenas características se pueden inseminar previa suspensión de su postura, pero los espermatozoides que llegan a la espermateca son muy pocos.

2.1.3. OVOPOSICIÓN

En muchos tratados de apicultura, se informa que la determinación de la edad del huevo en la celda se puede hacer por la posición de éste, cuando esta vertical tiene un día de puesto, si aparece inclinado tendrá dos días y cuando aparece acostado tiene tres días, en las últimas observaciones realizadas se llegó a la conclusión de que la posición del huevo en la celda no está determinada por el tiempo transcurrido desde que fue ovopositado, sino por la temperatura que prevalezca en el nido de cría de la colonia. Cuando esta desciende por debajo de los 34°C., las abejas introducen la cabeza en la celda para proporcionarles calor y al presionarlo le cambian la posición.

Las abejas reinas pueden ovopositar hasta 1,500 huevos o más, día y noche, este ritmo de postura es diferente según el medio ambiente, la raza de abejas y la disponibilidad de alimentos.

En la medida que la reina es más vieja, disminuye la producción de huevos debido a que declina el número de espermatozoides en la espermateca; al principio ovoposita 30% menos y después solo pone

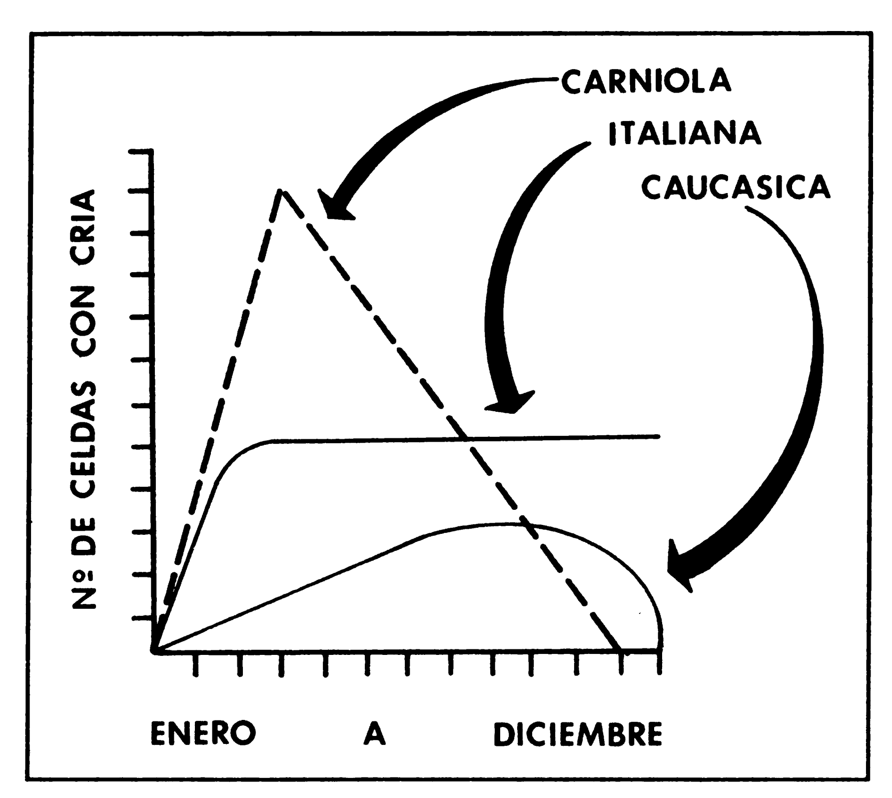


FIG. No. 3

huevos no fecundados al fondo de la celda en posición normal, diferenciándose de la postura de obreras, porque estas colocan los huevos en desorden en las paredes de la celda, en números variables.

La reina produce la sustancia real en las glándulas mandibulares, la cual es una feromona que actúa en las obreras inhibiendo el instinto de construir celdas reales y de ovopositar, además, es un atrayente para los zánganos, también mantiene la cohesión de la colonia.

2.2. APARATO REPRODUCTOR MASCULINO Y MADUREZ SEXUAL

Los espermatozoides se producen en los testículos durante el período de pupa, cuando el zángano está en desarrollo dentro de la celda, (produce hasta 10 millones). Después de tres días de emerger

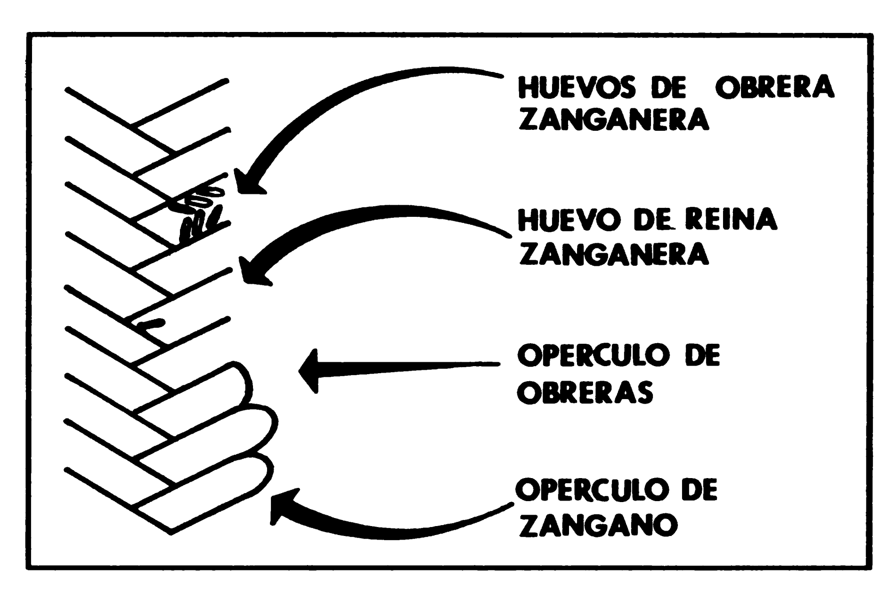


FIG. No. 4

pasan a las vesículas seminales, con la cabeza hacía la pared de las vesículas, las cuales producen sustancias nutritivas útiles para su madurez. Los espermatozoides permanecen en las vesículas hasta que son eyaculados. Cuando el zángano copula, los espermatozoides bajan al órgano copulador, que posee dos cornículas de color blanco durante los tres primeros días luego de emerger de su celda. Pasando este tiempo, se obscurecen. Los vuelos de adiestramiento los inician después de 7 días de emergidos y se congregan (año con año) en áreas específicas, volando a 6 metros o más de altura. A estas áreas, acuden zánganos de muchos apiarios lejanos, hasta de 13 km. (RINDERER) si los terrenos son planos. Las obreras alimentan a los zánganos de boca a boca (trofalaxis) y no pueden vivir solos sin alimento más de un día, hasta tres días si se encierran con alimento, y con obreras y alimento hasta 30 días.

3. CITOLOGÍA APÍCOLA

3.1. LA CÉLULA

Los seres vivos generalmente se originan de células germinales que tienen su origen en los ovarios de la hembra y los testículos de los machos. Una célula esta constituída por tres partes fundamentales. La membrana, protoplasma y núcleo. De estas tres partes, la que estudiaremos en esta sección es el núcleo porque en él se encuentran las estructuras que darán las características a los nuevos individuos. En el núcleo se encuentra la cromatina, substancia que constituye a los cromosomas en los cuales se encuentran los genes. En la célula germinal femenina (huevo) no fecundada, existen 16 cromosomas que son capaces de desarrollarse para dar lugar a machos (zánganos) a través de un proceso llamado partenogénesis descubierto por el polaco Dizierson en 1845.

Un huevo es fecundado por la célula germinal masculina (espermatozoide). Penetra en él solamente la cabeza del espermatozoide, aportando 16 cromosomas, que unidos a los 16 del huevo, constituyen un cigoto diploide. Cuando los núcleos se unen, los cromosomas se mezclan (16 del padre y 16 de la madre); estos 32 cromosomas se dividen y se separan por parejas en dos grupos iguales y se dirigen hacia los polos de la célula, constituyendo dos núcleos con 32 cromosomas cada uno. En todas las especies superiores primero se divide el núcleo y después la célula. En abejas, esto no ocurre, solamente se divide el núcleo, de uno en dos, de dos en cuatro y así sucesivamente, todos con

32 cromosomas, de estos núcleos se desarrolla una hembra. Durante este proceso, dentro del corión (cáscara del huevo) del huevo o zigoto se encuentran aproximadamente 60 núcleos pegados a la pared, el huevo es grueso el primer día de ovopositado, se adelgaza durante el segundo día y es muy delgado al tercero. Sin embargo, es difícil observar este cambio a simple vista dentro de la celda del panal.

Cuando el desarrollo del embrión dentro del huevo lleva tres días, la parte dorsal se desarrolla más que la parte ventral, ya que en esa parte los músculos serán más desarrollados y fuertes. Cuando el embrión ha concluido su ciclo dentro del huevo, se prepara para salir, y se observan movimientos bruscos y frecuentes del huevo. Antes de salir el embrión se da una vuelta, posteriormente se encorva y el extremo donde se encuentra la cabeza toca el fondo de la celda, en esta posición de arco se rompe el corión (cascara del huevo) y se observa una gota de líquido que contiene enzimas para disolver el corión, en este momento entra una abeja nodriza que sin tocar a la larva deposita una gota de jalea real transparente que no es para alimentación. Posteriormente entran más abejas y depositan más jalea haciendo la gota más grande y cuando la jalea toca la larva esta con un movimiento brusco abandona el corión y queda suspendida en jalea real, esto se puede observar con el microscopio.

El huevo no fecundado del que se desarrollará un zángano posee en sus células somáticas 16 cromosomas y el que originará una hembra 32. Durante el desarrollo larval ocure un fenómeno llamado endopolicromatización, dentro del núcleo se dividen los cromosomas pero no el núcleo como ocurre en otros seres vivos, en el núcleo de las células aumenta el número de cromosomas por lo que los huevos de los zánganos y reinas son más grandes que los de las obreras.

El ciclo de desarrollo de la abeja reina europea es de 16 días, en las obreras de 21 y en los zánganos de 24 días.

Hasta el quinto día el número de cromosomas que pueden encontrarse en las larvas de reinas es de 200 a 250, pero en las células sexuales de donde se originan los óvulos es de 32. En los zánganos aumentan más que en las de obrera pero menos que en las reinas.

Después del quinto día de desarrollo, el número de cromosomas en el núcleo de las células disminuye mucho, en este momento la

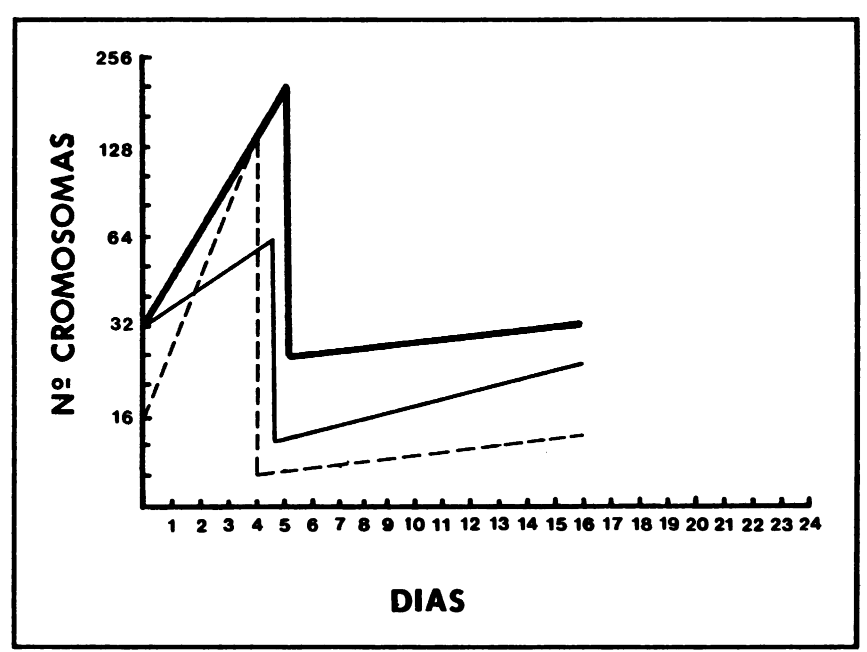


FIG. No. 5

celda es operculada y ocurre la metamorfosis, los tejidos cambian por completo, algunos son disueltos y se forman otros, como los músculos de las patas y los tubulos de malpigio que en la larva existen 400 y en el adulto de reina y obrera solo 150. El tamaño y las dimensiones de los óvulos que darán origen a zánganos y obreras depende de el número de cromosomas que contengan las células.

Después de la metamorfosis se tendrán los individuos adultos, obreras, reinas y zánganos que emergen de sus celdas después de quitar el opérculo.

3.2. OVOGÉNESIS

Las reinas producen los óvulos dentro de los ovariolos, estas células se dividen primero por mitosis, conteniendo 32 cromosomas, en su descenso por los ovariolos vienen acompañados de otras células más pequeñas llamadas células nutricias, de ellas se alimentan las más grandes que constituirán los óvulos que contienen 32 cromosomas; el tiempo que el óvulo se alimenta con células nutricias y recorre el

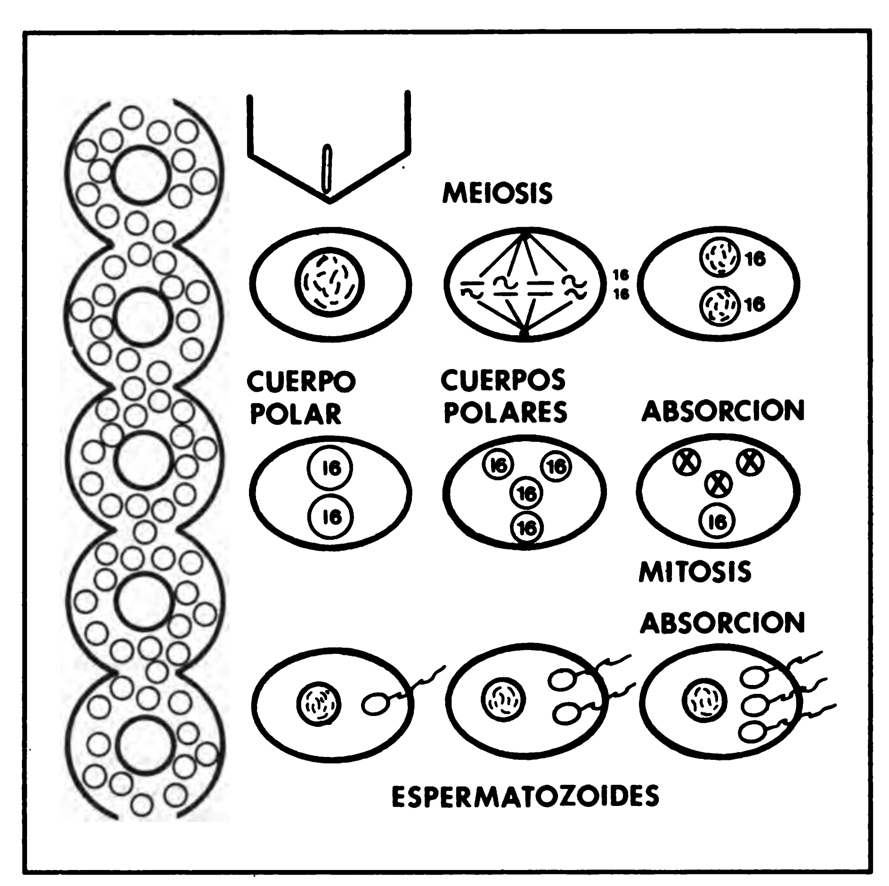


FIG. No. 6

ovariolo es de 12 horas pero aún no esta maduro y es depositado en la celda (fecundado o no), posteriormente inicia la maduración o meiosis, el núcleo del huevo disuelve su película y se conjugan los cromosonas en parejas, existiendo los del padre y la madre mezclados, se forman dos grupos iguales y se dirigen a los polos del huevo teniendo 16 cromosomas de un lado y 16 del otro.

La maduración del huevo ocurre durante las 4 horas siguientes a la ovoposición después de este proceso, los cromosomas ya no se dividen, solo se dirigen en sentidos opuestos, a ésto se le llama reducción cromática o meiosis, así se forma un huevo con dos núcleos, cada uno con 16 cromosomas, unos serán de la madre y otros del padre, de

estos dos núcleos el más pequeño se llama corpúsculo polar, después se vuelven a dividir por mitosis y cada núcleo tendrá 16 cromosomas, dos núcleos son grandes y dos son pequeños, finalmente son absorbidos tres corpúsculos polares por las enzimas del protoplasma, quedando solo un núcleo.

Cuando sale una gota de semen de la espermateca con 8 espermatozoides, algunas veces penetran por el micropilo del huevo varios espermatozoides, pero normalmente solo uno se une al núcleo del huevo y los otros se absorben, cuando ésto no ocurre se desarrollan algunas abejas anormales, pero en general durante las primeras 4 horas de puesto el huevo se reabsorben los corpúsculos polares y las colas de los espermatozoides, quedando solo la cabeza con 16 cromosomas que al unirse con los del huevo, mezclandose y distribuyendose en parejas, queda formado un huevo con 32 cromosomas.

3.3 ESPERMATOGENESIS

Los espermatozoides se desarrollan en los tubulos testiculares. Al hacer un corte histológico se puede observar el desarrollo de la célula que como el huevo se divide por mitosis pero en este caso solo hay 16 cromosomas es decir son haploides.

Las células pequeñas se llaman espermatogonias, las más grandes espermatocitos y al dividirse el núcleo los cromosomas emigran todos hacía un solo polo de la célula, aquí no ocurre la reducción cromática, solo se forma un corpúsculo polar sin cromosomas y un núcleo con 16 al ocurrir la meiosis, cada cromosoma se divide en dos partes unos van en un sentido y otros en sentido opuesto formando un núcleo grande con 16 cromosomas y otro corpúsculo polar con 16 cromosomas, que va a la superficie, estos dos corpúsculos son absorbidos y queda una célula con 16 cromosomas.

La diferencia consiste en que en el huevo después de la maduración hay segregación de los cromosomas, en cada huevo se encuentran diferentes cromosomas con diferentes genes; este número es igual a 2 a la potencia 16, esto significa que se pueden producir 524,288 diferentes huevos no fecundados, con diferentes tipos de cromosomas.

Durante la maduración o meiosis los huevos fecundados tienen 32 cromosomas en diferentes combinaciones, unos con todos los cro-

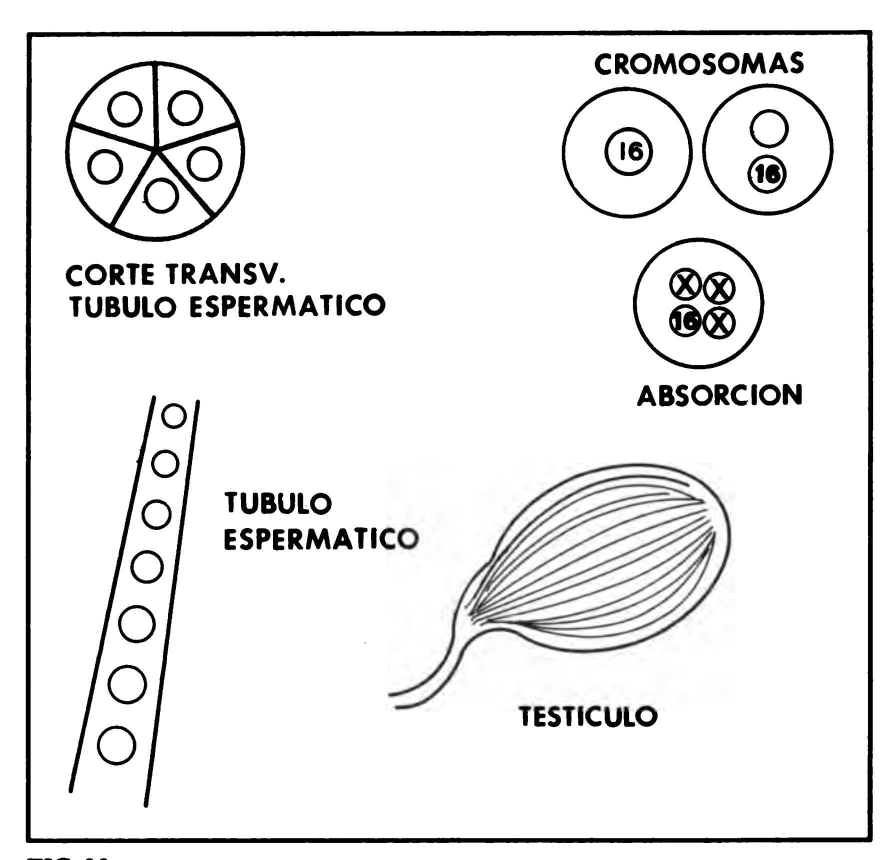


FIG. No. 7

mosomas del padre y otros con los de la madre o puede haber un cromosoma del padre y los restantes de la madre, o dos del padre y los demás de la madre o puede haber cromosomas compuestos por genes de la madre y genes del padre divido al proceso de recombinación es decir existen diferentes combinaciones con 16 parejas de cromosomas, esto se puede expresar como 2 a la potencia N en el caso de huevo no fecundados, por lo que tendremos 2^{16} esto quiere decir que una reina puede producir más de 500 mil diferentes zánganos cuando es híbrida en todos sus cromosomas, desde luego no puede ser en todas las reinas, pero existe la posibilidad aunque cada zángano sea diferente, en cuanto a la combinación cromosomica todos producirán los mismos espermatozoides.

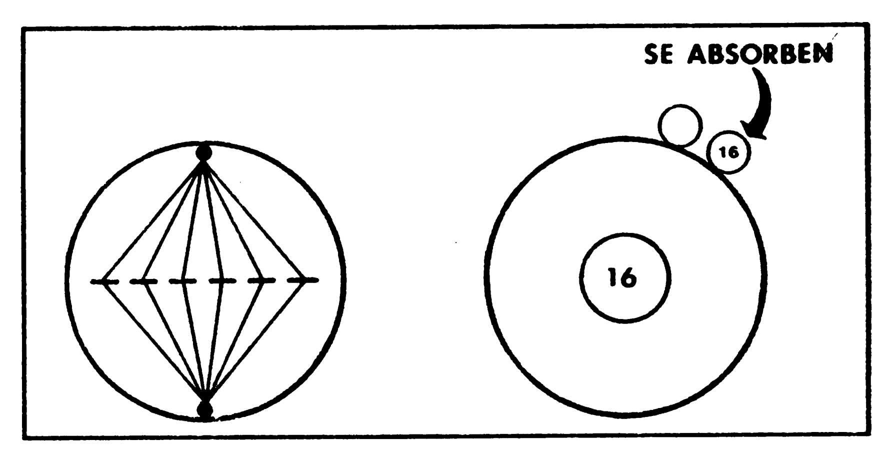


FIG. No. 8

PADRE

MADRE

UN CROMOSOMA DEL PADRE • TRES DE LA MADRE

DOS DEL PADRE • DOS DE LA MADRE

TRES DEL PADRE • UNO DE LA MADRE

FIG. No. 9

3.4 ABEJAS ANORMALES

Frecuentemente se pueden encontrar en los apiarios algunas abejas anormales, pero cuando los caracteres que pueden ceder son iguales esto no ocurre, por ejemplo cuando se tienen abejas italianas puras es difícil encontrar abejas anormales.

En abejas híbridas es común observar algunos ginandromorfos (individuos con tejidos y características de ambos sexos), pero en las colmenas entre miles de obreras es difícil verlos, esto se facilita si se trabaja con mutantes, por ejemplo abejas con ojos rojos, amarillos, naranjas, blancos, etc., se facilita verlos y explicar el porque de las abejas anormales.

Existen nueve posibilidades de desarrollar abejas anormales.

3.4.1 DE HUEVOS NO FERTILIZADOS

A partir de huevos procedentes de reinas híbridas durante su maduración formaran tres corpúsculos polares, normalmente dos se absorben, pero en algunos casos esto no ocurre porque las enzimas no actúan. Cuando el huevo madura a temperatura más alta de la normal cambia la actividad enzimática y los corpúsculos no se absorben y continúan su desarrollo, se dividen originando zánganos mosaico de diferentes tejidos.

En las distintas razas de abejas se pueden desarrollar de huevos no fecundados, obreras y reinas, en las italianas ocurre en el 1% normalmente, pero cuando se suspende la postura de la reina por dos o tres días y después se le permite su postura normal, los huevos que quedan en el ovario por mayor tiempo, originarán hembras en un 7% a partir de huevos no fecundados.

En *Apis mellifera capensis* (del sur de Africa) cuando la reina pone huevos no fecundados se desarrollan obreras y zánganos, pero cuando las obreras ovopositan, estos huevos no producen las enzimas que disuelven los núcleos y también generan tres corpúsculos polares, uno de ellos se absorbe y 2 de estos se dividen originando ginandromorfos, o sea individuos con tejidos de diferente sexo, por lo que se presentan abejas con el lado derecho de reina y el izquierdo de zángano ó cabeza y tórax de reina y abdomen de zángano, pudiendo obtener

diferentes combinaciones en la proporción de tres anormales y un normal de los huevos no fecundados.

Con diferente color de ojos y contando con reinas híbridas que poseen un gene de color obscuro, se obtienen combinaciones en las que se presentan dos normales y un zángano de huevo no fecundado, primero se obtendrá un zángano mosaico de diferentes tejidos que darán lugar a diferentes ojos, el izquierdo blanco y el derecho negro, lado derecho cordobéz e izquierdo negro, o cabeza negra y cuerpo cordobéz.

3.4.2 DE HUEVOS FERTILIZADOS

De huevos fecundados también se pueden obtener abejas anormales, ya se sabe que de este tipo de huevos se desarrollan normalmente hembras obreras o reinas, pero cuando los alelos del sexo son los mismos, homocigótos entonces de los huevos fecundados se desarrolla un zángano diploide con 32 cromosomas.

Otra posibilidad se presenta cuando en el huevo se encuentran dos núcleos y uno es fecundado por el espermatozoide, esta célula desarrollará un ginandromorfo, con dos partes de hembra, son distintos a los anteriores porque tienen tejidos diploides al tener padre y madre y en el caso anterior solo tienen madre, fenotípicamente es más o menos lo mismo, pero el orígen es diferente.

- En otras ocasiones penetra al huevo más de un espermatozoide, porque la gota de semen al salir de la espermateca contiene más de ocho y pueden penetrar 2, 3 ó 4. Uno fecunda al huevo los otros se absorben o son expulsados al exterior en ocasiones no funcionan las enzimas protoplasmáticas y ocurren casos muy interesantes, por ejemplo de las cabezas de espermatozoides que penetran al huevo, se unen dos entre sí y el núcleo del huevo no es fecundado. De las dos cabezas unidas se desarrolla la parte sexual hembra, por lo que una parte del individuo es obrera y otra es macho, ya que al tener dos padres y no madre hereda los caracteres de los padres.

También puede ocurrir la penetración de dos espermatozoides al huevo, uno fecunda al núcleo del huevo y el otro no se absorbe, desarrollándo un ginandromorfo con una parte de hembra y una parte de zángano (tiene padre y no tiene madre), normalmente ocurre lo

contrario, los zánganos no tienen padre, pero en este caso la parte zángano no tiene madre porque es de cabeza de espermatozoide.

En otros casos dos núcleos del huevo son fecundados cada uno por un espermatozoide, así se desarrollan dos tejidos de hembra, pero con diferentes partes de cuerpo un lado obscuro y otro amarillo.

Cuando los tres corpúsculos polares no se absorben, dos de ellos pueden ser fertilizados con un espermatozoide cada uno, en este caso se produce una hembra mosaico.

3.5 DETERMINACIÓN DEL SEXO.

Existen muchos métodos para incrementar la producción de los criaderos de plantas y animales. Se han obtenido buenos resultados en los cultivos de maíz, cuando se usan diferentes líneas puras, entre los más fáciles se encuentra el cruzamiento entre hermanos, y después cuando se tienen las lineas puras se pueden cruzar entre ellas obteniéndose híbridos con producción muchas veces más alta. Esto se pretendió hacer con abejas, el primero en intentarlo fue Mackensen, que cruzó hermana con hermano, y lo que ocurrió, es que el 50% de los huevos no desarrollaron abejas, estos huevos fueron llamados letales. Al principio se pensó que los huevos eran retirados de la celda y sacados al exterior por las obreras. Se hicieron estudios para comprobar estas afirmaciones y se concluyó que las abejas se comen las larvas después de nacidas. Al estudiar estas larvas se logró saber que de las larvas tomadas de celdas de obreras los órganos reproductivos se desarrollan en el último segmento de las larvas y entre estas el 50% presentaron estructuras de hembra y el 50% estructuras de macho, y las que desaparecían eran precisamente las larvas que darían origen a zánganos, en estos estudios también se determinó que las larvas son comidas por las obreras por que producen una sustancia llamada de "zánganos diploides" o de "canibalismo", cada larva es alimentada a intervalos de 4 minutos; esto dificulta mucho poder criarlas en incubadora. Sin embargo se consiguió obtener algunos individuos adultos de los cuales la mitad fueron hembras y la mitad zánganos de huevos fecundados más grandes. En los zánganos diploides la espermatogénesis ocurre en la misma forma que en el zángano normal.

Esto significa que no hay reducción en los cromosomas y los zánganos diploides producen espermatozoides con 32 cromosomas, de manera que con estos zánganos existen posibilidades de criar abejas con 48 cromosomas, lo que determinaría abejas muy diferentes a las actua-

les, quizá esto sucedió en plantas y animales, los cuales en su mayoría son mucho más grandes.

Hasta la fecha no se han inseminado abejas reinas con zánganos diploides porque es difícil obtener el semen pues solamente contienen 0.1 mm^3. Normalmente el zángano diploide es más grande que el haploide pero no sucede así con los testículos que son más pequeños y tienen pocos tubulos seminiferos, estos zánganos producen espermas dobles y triples, cuando se observa un esperma doble a 500 mil aumentos se puede ver un núcleo grande y las mitocondrias, la cabeza del esperma es 2 veces más grande que la del haploide con dos cilindros centrales y 4 mitocondrias, esto significa que contienen 64 cromosomas.

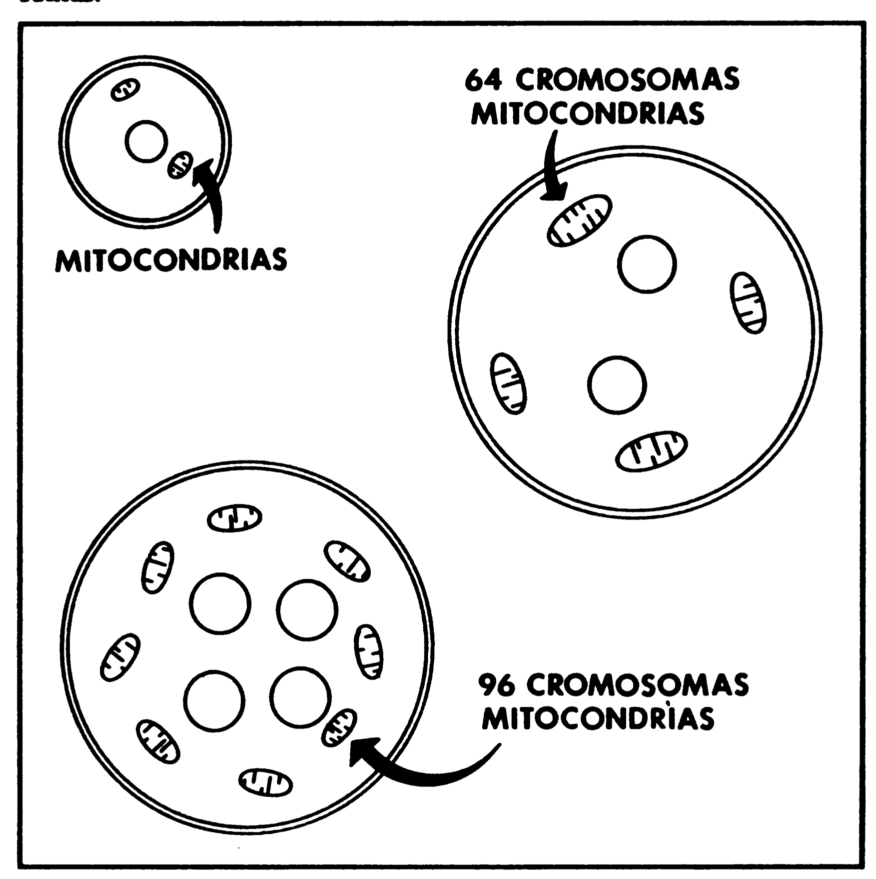


FIG. No. 10

En la práctica esto es muy importante porque cuando la reina produce este tipo de zánganos diploides la colonia no se desarrolla, pero normalmente en las colonias de abejas se producen entre el 8 y 10% de zánganos diploides, cuyas larvas son comidas por las abejas.

3.5.1. ALELOS SEXUALES

Es muy conocido que dentro del núcleo existen diferentes cromosomas. En un lugar determinado de una pareja de cromosomas se encuentran dos genes del sexo, en animales y plantas son X Y = X/Y,

- X Esto es normal en diferentes animales y plantas.
- Y

En una pareja de cromosomas, dos genes que se encuentran en el mismo lugar reciben el nombre de alelos, también se puede decir dos genes, pero se acostumbra denominar como Y es alelo de X, pero en abejas no existen solo X ó Y porque las abejas tienen entre 8 y 18 alelos del sexo, por esta razón en un sitio (locus) se puede encontrar un gene que puede ser XA, XB, XC, hasta doce o más. Una reina puede ser heterocigota, A,B, XA XB en este sentido se desarrolla una hembra que se insemina con un zángano con distinto alelo de sexo, los zánganos que esta reina va a producir serán de huevos no fecundados A y con alelos de sexo B de estos huevos se desarrollan los zánganos haploides

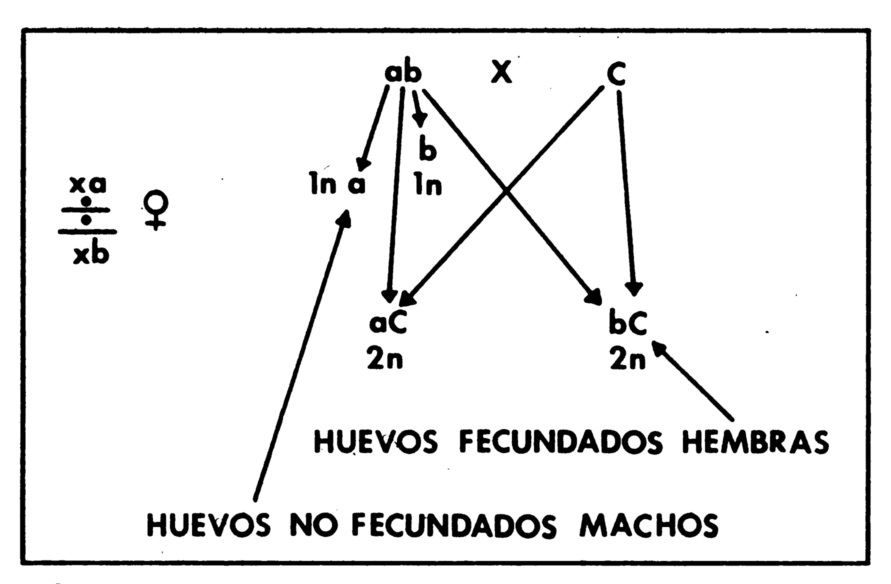


FIG. No. 11

Los zánganos haploides con 16 cromosomas se representan con 1 N, los huevos que producen hembras 2 nac y 2 nbc, se representan con 2n heterocigotos, en el caso de alelos de sexo 2 N homocigotos se podrían desarrollar machos 2n si las obreras no los comieran, los huevos serán no heterocigotos en dos partes, o huevo no fecundado cuando existe solamente un locus, por ejemplo Xa o Xy, etc. Es heterocigoto, en otros caso cuando los alelos son los mismos, el huevo es homocigoto, cuando existen dos alelos de sexo Xa, Xa no difiere de lo que sucede en otros animales, así pues los huevos que son heterocigotos en un locus producen hembras, y cuando tienen los mismos alelos de sexo en un locus son homocigotos y producen machos diploides, la diferencia estriba en que las abejas tienen más alelos de sexo, y que las abejas reinas producen dos tipos de zánganos, al respecto de los alelos de sexo, pero respecto de los cromosomas puede producir más de 500 mil.

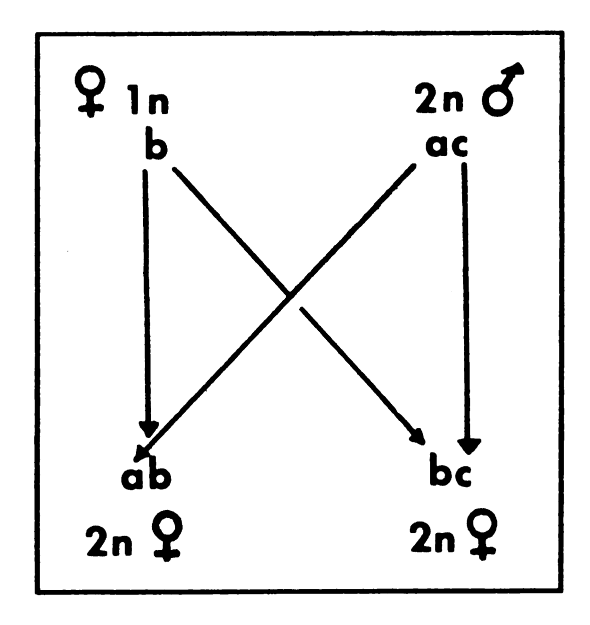


FIG. No. 12

La mitad de la cría normal y la otra mitad sobrevive el 50%

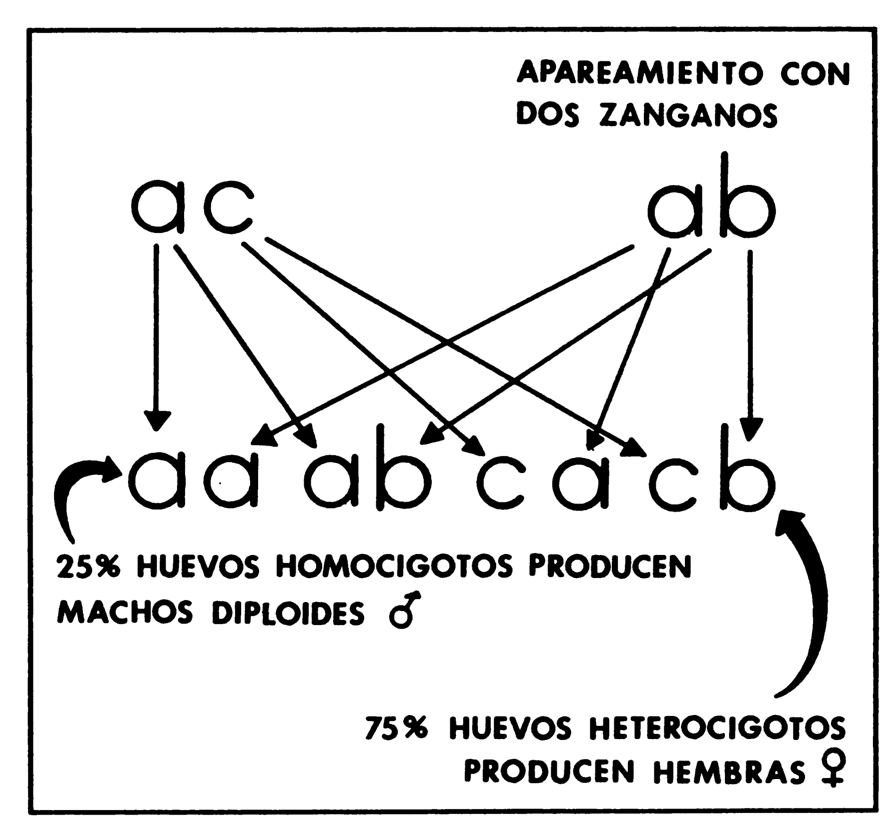


FIG. No. 13

Pero cuando se tiene una reina Xy producirá zánganos Xy solo en dos tipos, por ejemplo un zángano con alelo A y otro con Alelo B, cuando los cruzamos con su hermana, obtendremos los siguientes tipos de huevos.

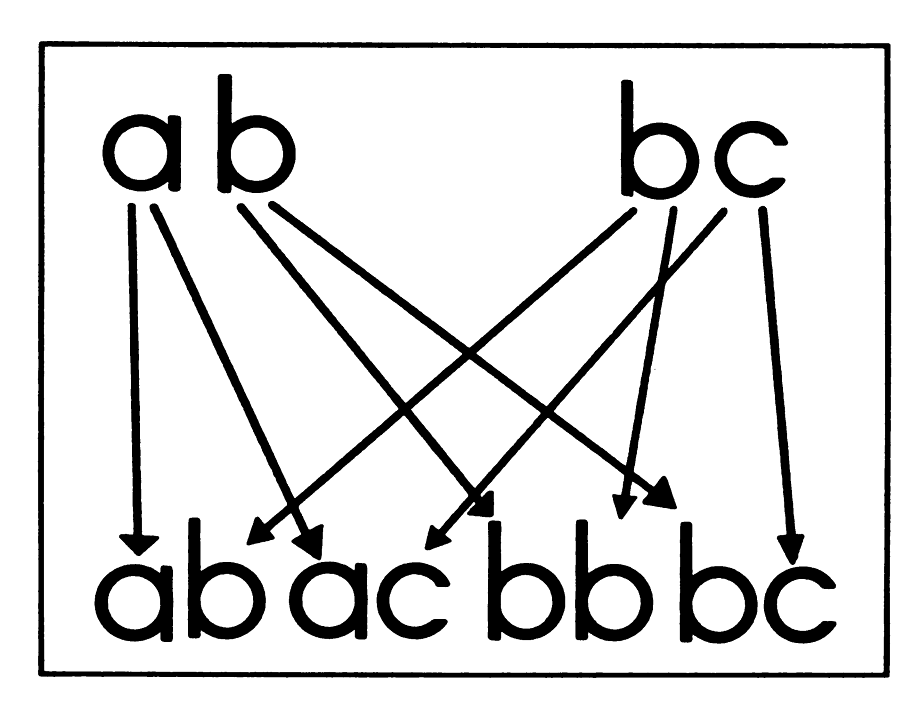


FIG. No. 14

Cuando se hacen cruzamientos hermano-hermana ab, bc, ambos tipos de huevos son heterocigotos con distintos alelos de sexo, se desarrollan dos hembras heterocigotas y dos machos diploides, lo cual representa a la mitad de cría normal, es decir un 50% de sobrevivencia. Cuando cruzamos nuevamente hermana con hermano todas las reinas hijas producirán cría salteada, porque los zánganos diploides son comidos por las obreras.

♀ ZANGANO DIPLOIDE

ac X a —— ac - [aa] - ac ← HETEROCIGOTO

HOMOCIGOTO

FIG. No. 15

Cuando la reina es acoplada con varios zánganos encontramos dos tipos de alelos A y B, si la reina ac, se aparea con 10 zánganos que únicamente tienen dos alelos, los cuales son a y b, el resultado es el mismo, ya que la reina produce huevos que pueden ser fecundados con espermatozoides a o b.

UNA REINA QUE COPULA CON DOS ZANGANOS a Y b

ac X ab = [aa] - ac - ca - cb

FIG. No. 16

Se obtienen 4 tipos de alelos de los cuales solo uno es homocigoto, el porcentaje corresponde al 25% y el 50 o 60% son obreras, en el caso en el que copuló con dos zánganos la sobrevivencia es del 75%, cuando se crían reinas de una sola madre se tienen reinas con dos alelos de sexo por lo que la sobrevivencia bajará, por esta razón es conveniente criar reinas de muchas progenitoras para tener en el apiario más alelos de sexo.

3.5.2. SOBREVIVENCIA

La influencia del número de alelos sexuales sobre la sobrevivencia de la cría, es determinante, cuando se baja el número de alelos de sexo la sobrevivencia baja.

Cuando en el apiario se encuentran diferentes números de alelos de sexo, se pueden obtener los siguientes resultados.

AB X AB = [AA] - AB - BA - [BB]

En este caso dos partes de las 4 son homocigotos (0.5), el porcentaje de sobrevivencia será del 50%.

Para llegar a lo anterior se hace el siguiente procedimiento:

En dos alelos de sexo AB X AB = AA-AB - BA - BB = 2/4 = 1/2 = 0.5 = 50% de sobrevivencia.

Con tres alelos de sexo, (La reina no puede tener tres alelos de sexo), pero se puede inseminar con tres zánganos.

AB X A, B, C = AA - AB - AC - BA - BB, BC la sobrevivencia es de 2 en 6 - s = 2 de 6 =4/6 = 2/3 = .67 = 67% sobrevivencia.

Con 4 alelos de sexo, AB X A,B, C, D, = AA, AB, AC, AB, BA, BB,

BC, BD = 6/8 = 3/4 = 75% sobrevivencia

Cuando no hay consanguinidad en una población se encuentran 12 Alelos de sexo, si se desea saber la sobrevivencia cuando los alelos de sexo aumentan, se debe aplicar una fórmula porque no es lógico hacer todos los cruzamientos ya que algunos dicen que hay 50 o más, si con tres alelos la sobrevivencia es 2/3, tres es lo mismo que el número de alelos, la parte 2 es realmente 3-1, con cuatro alelos serían 4-1, de manera que la sobrevivencia respecto del número de alelos de sexo que se encuentran en una población es $S = \frac{N-1}{N}$ donde "S" representa la sobrevivencia, "N" el número de alelos de sexo.

La sobrevivencia con 5 alelos de sexo será:

$$S = \frac{5-1}{5} = \frac{4}{5} = 0.8 = 80\%$$

Con 6 Alelos de sexo:

$s = \frac{6-1}{6} = \frac{5}{6}$ 0.83 = 83% de sobrevivencia

Con 7 alelos de sexo.

$s = \frac{7-1}{7} = \frac{6}{7}$ = 0.86 = 86% de sobrevivencia

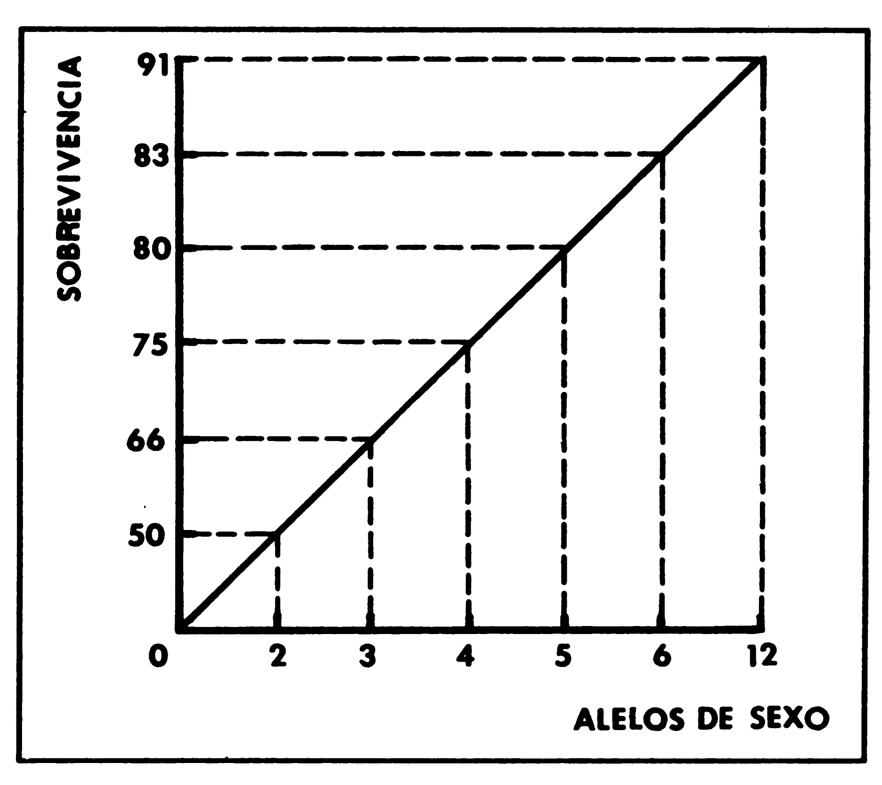


FIG. No. 17

Cuando la reina no existe, la sobrevivencia es cero y cuando existen 12 alelos de sexo, la sobrevivencia será.

$S = \frac{12 - 1}{12} = \frac{11}{12} = 0.92 = 92\%$

Cuando la reina es inseminada con los mismos tipos de zángano la sobrevivencia será del 50%, cuando los zánganos son distintos la sobrevivencia será 75%, cuando la sobrevivencia es del 50%, la cría en el panal se ve muy salteada. Se analizó la producción de huevos y larvas durante los diferentes períodos del año en tres diferentes colmenas, obteniéndose lo siguiente:

Se puede observar que cuando las colonias tienen solo dos panales de cría no hay mucha diferencia, pero cuando cambian las condiciones ambientales y se inicia la floración en algunas colonias se encontraron 2 panales con cría y en otras 6 y solamente en el 50% de las celdas se encontró cría, en los distintos ciclos se encontraron colonias normales que produjeron mucha cría y otras en que la producción de cría es más baja.

En las temporadas críticas la diferencia en el número de abejas de las colonias es significativa, mientras en las colonias normales se encontraron 30 mil abejas, en las otras, no disminuyó el 50% sino tres veces menos.

3.5.3. LOS ALELOS DE SEXO Y LA PRODUCCIÓN

Para la producción de miel es muy importante el conocimiento de los alelos de sexo, cuando el número de los alelos de sexo es bajo la producción baja, las recomendaciones hasta hace algunos años para la crianza de reinas era seleccionar la mejor reina del apiario para de ella criar reinas, actualmente se sabe que esto no es bueno porque se afecta la sobrevivencia de la cría A/A homocigota, no son genes del mismo cromosoma, sino alelos, cuando en una célula se encuentran los mismos alelos, por ejemplo A mayúscula A mayúscula. Se denomina homocigota cuando son diferentes por ejemplo A mayúscula a minúscula se llama heterocigota.

4. GENÉTICA CUALITATIVA

Los genes pueden ser dominantes, esto significa que cuando se cruza con otro gene, se puede ver la expresión de este gene en el hijo por eso se escribe con mayúscula, y cuando es recesivo se representa con minúscula, por ejemplo cuando existe una mezcla cuyos genes a trasmite ojos color blanco, al hacer la cruza las obreras tendrán ojos color negro, esto significa que el gene A es dominante sobre el gene a que trasmite el color blanco. Es decir El gen A expresa Cualidad (color negro)

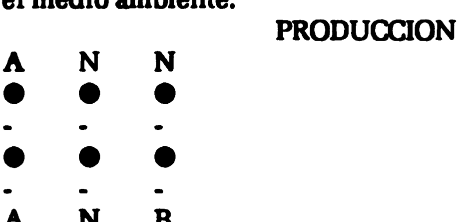
4.1 GENOTIPO Y FENOTIPO

Las características genéticas de las cuales depende la expresión es trasmitida por todos los genes que se encuentran dentro de una célula sexual, esto se llama genotipo, por ejemplo en una célula sexual de abeja existen 16 cromosomas y diferentes alelos A,B,X, Y etc., todo este conjunto constituye el *genotipo*. la expresión que podemos ver y que es la interacción de los genes y el medio ambiente, se llama *fenotipo*, algunos caracteres de genotipo y fenotipo son lo mismo, el *genotipo* de las abejas de México es de ojos negros y el *fenotipo* es negro, pero cuando se cruzan negro y blanco el genotipo es negro y blanco y el fenotipo es negro.

Con estos caracteres no se tiene interacción del medio ambiente, pero otras características dependen mucho del medio ambiente, por ejemplo la producción de miel. Genéticamente dentro de una célula se tienen diferentes alelos o diferentes genes, con información para que

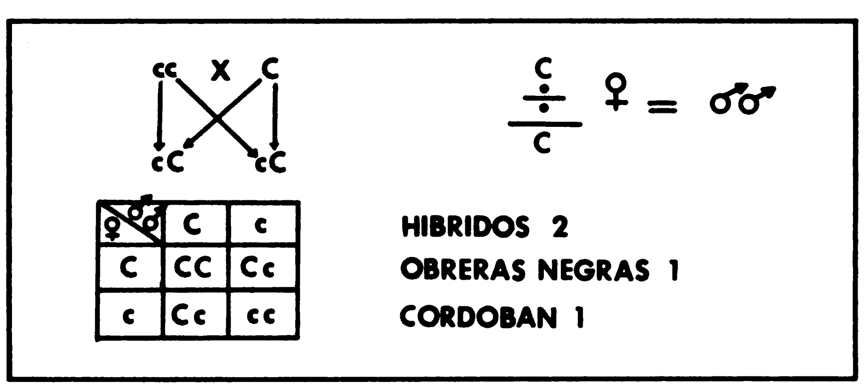
una colonia pueda producir de 10 a 100 kg. de miel pero, esta característica no únicamente depende de esta información genética, si no de la interacción con el medio ambiente.

PRODUCCION



En los cruzamientos monohíbridos con abejas de diferente color, existe una mutación a la que se le ha llamado cordobeza, cuando se realizan cruzamientos con tres diferentes zánganos que se obtienen de la mutación cordoban donde hay abejas de color negro, la mutación cambia el color café por el negro, pero cuando los zánganos son italianos, el color negro, se presenta solamente al final del abdomen, el resto continúa amarillo.

La mutación cordoban es recesiva al color negro, por eso el símbolo para el color cordoban es cc minúscula y para el negro es C mayúscula.



	C	c
C	CC	Cc
c	Cc	cc

FIG. No. 18

Cuando se cruzan híbridos de italiana color negro, el color amarillo es dominante sobre el color negro por lo tanto la descendencia será amarilla, una reina cordoban cruzada con zángano cordoban, (el color negro es dominante sobre el color cordoban) se obtendrán obreras hijas de color negro, el genotipo de estas reinas es C mayúscula, c, minúscula, esto significa que existen alelos de color negro y de color cordoban, pero la expresión es la misma.

Cuando los padres son homocigotos, o puros, en la primera generación, no hay variación o es muy pequeña.

Lo mismo ocurre con la producción de miel; cuando se cruzan reinas híbridas negras no se sabe si son híbridas o puras porque son de color negro, pero se puede saber por sus hijos los zánganos, porque cuando son puras, los zánganos son negros y cuando son híbridos se obtendrán zánganos negros y cafés, cuando a estas abejas híbridas las cruzamos con zánganos negros, se reciben dos genotipos, abejas negras puras e híbridas, cuando se cruzan con cordoban, entonces una mitad son híbridas y otra mitad son cordoban, esto sucede cuando se cruzan con un zángano pero en la naturaleza las reinas no se acoplan con un zángano sino con varios, es lo mismo que cuando la vamos a cruzar con dos zánganos, se reciben tres partes negros y una parte cordoban, pero dentro de los tres negros una parte es pura y dos partes híbridos. En este aspecto es interesante saber que gametos se producen, y que huevos producen estas reinas.

Se producen huevos con el gene C mayúscula color negro; también zánganos con C. mayúscula y C. minúscula que significa carácter negro y carácter con el color cordoban respectivamente y si este gene se cruza recibimos genes con el carácter C. mayúscula Cc, cc, los cuales son diferentes caracteres con una pareja. Si los cromosomas que se encuentran son Cc, cuantos tipos de gametos o de espermatozoides se encontrarán.

Gametos se encuentran 2
Combinaciones de cigotas, se reciben $2^2 = 4$
Genotipos = 3
Fenotipos = 2

La frecuencia de los diferentes genotipos será:
una CC obreras negras puras
Dos cC obreras híbridas
Una cc obreras cordoban puras

En muchos casos, las abejas se diferencian no sólo en una pareja sino en distintos alelos.

En el cruzamiento de híbridos, que son abejas con dos diferentes caracteres, pero con el mismo color cordoban y los zánganos uno con ojos blancos y otro con ojos negros (white) se tiene como símbolo

Ww (cuando la w es minúscula el gene es recesivo y cuando la W es mayúscula es dominante), cuando se cruzan estos, se reciben solamente híbridos y huevos no fecundados cw significa el carácter de color del cuerpo y el carácter de color de ojos blancos.

cw - cc - Ww, todas las abejas son híbridas y no hay segregación. Este es un método para obtener abejas nuevas, primero se hace el cruzamiento, después se cruzan los híbridos y dentro de los híbridos se seleccionan las abejas con los caracteres que se requieren.

Los diferentes genotipos con 2 parejas, el número de gametos son 4, de cada gene, $2 X 2 = 2^2$

Combinaciones de cigotos, 4 tipos de gametos $-4 X 4 = 4^2$
Número de genotipos 9 esto es 3 veces 3
Color de cuerpo, recibimos 3
Color de ojos, recibimos 3

Todos juntos son 3 veces 3 con una pareja que se puede escribir $3 X 3$ que es lo mismo 3^2

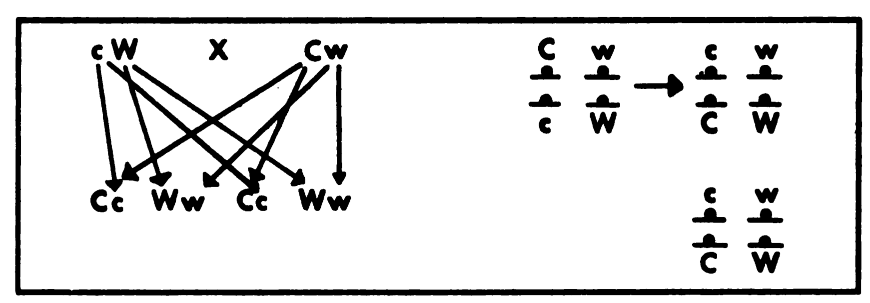


FIG. No. 19

Fenotipos $2 X 2 = 2^2 = 4$
Genotipos $3 X 3 = 3^2 = 9$
Frecuencia 3: 1

Fenotipo dos veces dos se escribe $2^2 = 4$
De esta forma se recibe:
cuerpo negro ojos negros 1
cuerpo negro ojos blancos 2
cuerpo cordoban ojos negros 3
cuerpo cordoban ojos blancos 4

La frecuencia de los diferentes genotipos.

Cuerpo negro ojos negros = 9, ambos colores son dominantes
cuerpo negro ojos blancos = 3
cuerpo cordoban ojos negros = 3
cuerpo cordoban ojos blancos = 1

de manera que la frecuencia es 9: 3: 3: 1

Con una pareja se obtuvo 3:1 y cuando hemos cruzado una pareja de negro con cordoban, se reciben 3 negros con cordoban, los otros negros con blancos 3 + 1 color de cuerpo negro, color de ojos negros más color de ojos blancos, cuando esto se calcula es 3 veces 3 = 9, tres una vez = 3 y una vez uno es = uno. (3+1) (3+1), 9+3+3+1 esto sucede con una pareja, pero en abejas existen 16 diferentes parejas de cromosomas, de manera que se pueden escribir los símbolos, así el símbolo de parejas será 2 ó 4, el símbolo con dos parejas fue 2^2 con tres será 3^3 en estas condiciones se puede sustituir el número potencial con "n" que es lo mismo que el número de gametos 2^n, el número de combinaciones cigóticas será 4^n.

El número de genotipos será 3^n
El número de fenotipos será 2^n
La frecuencia será $(3+1)^n$

Cuando hablamos de color en abejas, por ejemplo las italianas de color amarillo, este es dominante y su símbolo es "Y" (de yellow) que se representa con mayúscula pero también tiene un gene "y" minúscula y, en las abejas negras tienen otro gene al que se le denomina "y" (Black) que es recesivo al amarillo, que puede ocupar el mismo lugar, de manera que el símbolo de este gene negro es y minúscula, cuando se cruzan Y b c Y amarillo, b, zángano negro y minúscula, se obtiene híbridas Y mayúscula b, porque el color amarillo es dominante sobre el y minúscula, el genotipo es una híbrida heterocigota, el fenotipo es amarillo y se podrían hacer todas las combinaciones al igual que con el cordoban. En abejas africanas existe un gene de color muy interesante, que fue descrito por el profesor Kerr de Brasil, nombrándosele a este gene como abdomen castaño cuyo símbolo es "yac" y éste es recesivo al color amarillo. Lo interesante es que este gene muestra su expresión solamente en los zánganos y no se muestra en las hembras.

LOS ZANGANOS SON NEGROS

yac/yac x Y = yac/Y

yac x yac

ITALIANA

♀ yac/yac x yac → ♀ yac/Y x yac → HIBRIDAS

FIG. No. 20

REINAS AMARILLAS

Y/yac

Y ← → yac

ZANGANOS AMARILLOS

♀ NEGRA ZANGANO AFRIC. NEGRO

ybl/ybl x yac → ybl/yac

REINAS HIBRIDAS AMARILLAS

FIG. No. 21

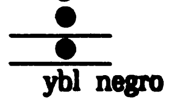
El gene es activado por hormonas masculinas.

Cuando tenemos abejas africanas puras el gene *yac* minúscula tiene expresión amarilla, en obreras y reina, cuando se cruzan con un zángano italiano Y, se obtienen obreras "y" minúscula ac, "Y" mayúscula de color amarillo, y cuando esta reina amarilla produce zánganos, estos tienen cuerpos negros, en la cruza de reina africana "yac" con "Y" amarillo, con zángano negro tiene el mismo gene yac (reina amarilla zángano negro) por lo que se obtienen africanas puras yac/yac amarillas, pero cuando se cruza reina africana con zánganos italianos o reina italiana y zánganos africanos, *y* X *yac* recibimos híbridas italianas africanas "*Y*" mayúscula. esta reina amarilla pura y zánganos negros. yac minúscula.

Ahora se tienen reinas amarillas, los zánganos que producirán estas reinas híbridas serán de dos tipos con el gene italiano "Y" y con el gene africano "Y" mayúscula ac este zángano es color amarillo y el otro es color negro.

Es interesante cruzar reina negra europea con zángano negro europeo, las obreras son negras, pero cuando se cruza negra europea con símbolo ybl con zángano africano yac también negro, se obtienen híbridas ybl/yac. La expresión de este gene africano negro se muestra solamente en los zánganos y no se expresa en las hembras porque resultan amarillas, esto es interesante porque al cruzar hembras negras con machos negros se obtienen hembras amarillas que al principio no se sabía; esto significa que el gene es activado por las hormonas masculinas y no por las femeninas, de esta manera se puede saber si el zángano negro que cruzó a la reina negra es europeo o africano.

Por ejemplo la reina ybl cruzada con otro zángano negro europeo, se recibe solamente color negro ybl ybl negro



ybl negro

Las obreras negras son europeas y cuando se tienen amarillas significa que las abejas son africanas por su padre africano.

5. GENÉTICA CUANTITATIVA

Muchas características en las abejas no dependen solamente de un gene por ejemplo el tamaño o la producción de miel, producción de cría, jalea real, cera etc., depende de muchos genes, o por la acción agregada de ellos.

5.1 EFECTO AGREGADO O ADITIVO

En la producción de miel que depende de muchos genes, cuando los genes de dos parejas son los mismos, significa que son puras, por ejemplo tenemos una línea pura con una producción de miel baja y otra línea con una producción de miel alta; se tienen los genes responsables de la producción que es de 5 kgs. cada una en un medio ambiente determinado estas son posibilidades, porque si se traslada la colmena a lugares con mejores condiciones, la producción podrá ser de 50 kg. de manera que explicaremos posibilidades). Cada gene es responsable de producir 5 kgs. y tenemos 4 genes, con los cuales la colmena producirá 20 kgs. de miel. Otra colonia tiene genes responsables de producir 10 kgs. el espectro junto con los 4 es de 40 kgs. de miel.

Para ilustrar la probabilidad de la combinación de los genes que intervienen en la característica producción de miel, véase el siguiente cuadro.

Cuando se hacen los cruzamientos sucede lo mismo que se vio en la combinación del color, cuando las líneas son puras y con ellas se

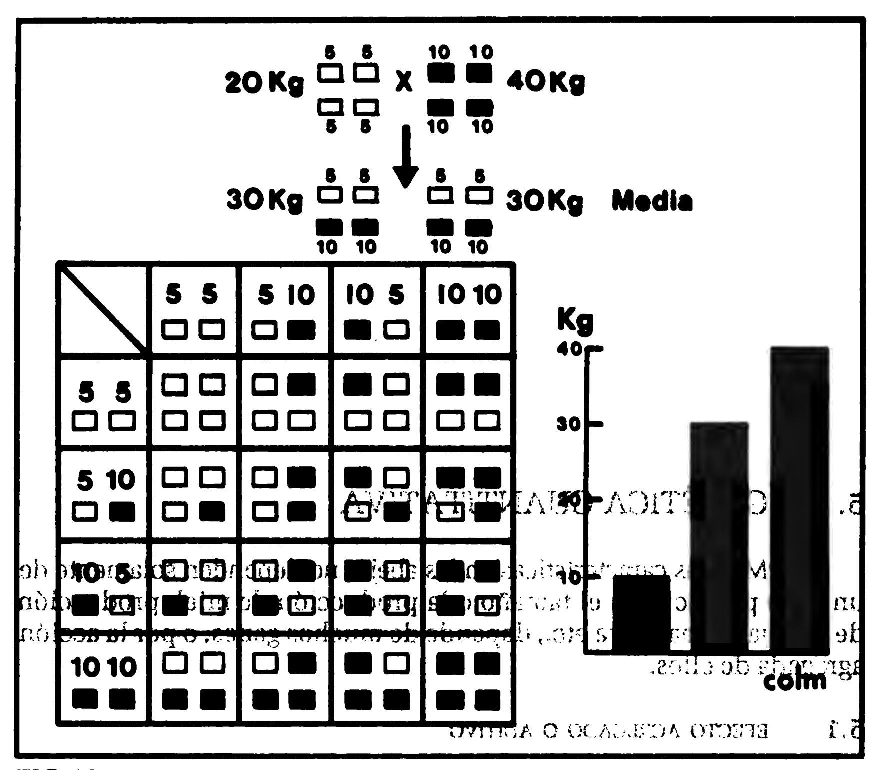


FIG. No. 22

producen híbridos, no hay variación o la hay muy pequeña por ejemplo, cuando se tiene una colonia que produjo 20 kgs. y otra que produjo 40 kgs. entre las dos tendremos 60 kgs. La media será 30 kgs. al hacer el cruzamiento la media será también 30 kgs. no existe variación, pero sabemos que se producirán cuatro tipos de gametos, que serán algunas prod. 5 y 5 kg. otra producirá 5 y 10 kg., otra 10 y 5, otra 10 y 10. Se manifiestan todas las posibilidades en los cruzamientos y se tienen tantas variaciones, reales en los apiarios, porque la mayoría de las colonias son híbridas y se presenta la segregación en los apiarios, pero cuando las reinas de un apiario son hijas de una misma reina se tienen grandes diferencias, por ejemplo si se tiene una colonia que produce 20 kg. de miel y otra que produce 40 kg., 6 que producen 30 kg., 4 que producen 35 kg. y una que produce 40 kg., cuando se calcula la media será 30 kg., la variación esta en 35 y 40.

El criador escogerá las colonias más productoras de miel para usarlas como progenitoras, no debe criar de una sola sino de varias colonias.

Los ejemplos que se han explicado corresponden solamente a dos parejas de gametos, pero en la naturaleza el carácter producción depende de un mayor número de parejas, o sea el número de diferentes gametos, el número de combinaciones de cigotos, el número de gametos será 2 a la potencia N. Hemos visto que existen genes dominantes y genes recesivos y que se presenta la expresión de los genes dominantes en una frecuencia de 3 a 1 pero en cl caso de producción hay dominancia y también existe agregación, es decir junta los diferentes genes porque si no fuera así, no se elevaría la producción de miel en los híbridos F^1 producidos con varias líneas de abejas.

Cuando se trata de dos parejas se usa la siguiente fórmula para saber las combinaciones $2^n + 1^n$, que es el número de las parejas con sus genes.

Por ejemplo cuando sustituímos la N por el número 2 tendremos 2 X 2 + 1 = 4 + 1 = 5 con tres parejas se expresará 2 X 3 + 1 = 6 + 1 = 7, esto significa que recibimos 7 tipos de diferentes cromosomas que se encuentran en el apiario, esto es a manera de ejemplo para saber solamente el número de diferentes clases o tipos.

Sabemos que en una colonia se encuentran 16 cromosomas y para saber el número de clases y el valor de las diferentes clases se aplica la siguiente fórmula (a + b) 2^n, N es el número de parejas. Por ejemplo $(a + b)^2 = a^2 + 2ab + b^2$ ahora con las dos parejas la producción será $(a + b)^4 = a^4 + 4a^3b + 6a^2b^2 + 4ab^3 + b^4$ = 1 + 4 + 6 + 4 + 1. Cuando hay más genes la fórmula sera (a + b) a la 4a, 6a, 8a, etc. potencia.

Existen muchos otros caracteres que dependen de la genética cuantitativa, la producción de miel es un carácter de la acción agregada; pero para la acción agregada el número de genotipos es mucho más bajo, pero cuando se trata de la acción agregada como la producción de miel, que depende de 16 cromosomas con efecto agregado, es difícil calcular el resultado, del número máximo de genotipos que dependen de la genética cuantitativa, y del efecto agregado, se puede calcular el número máximo de los diferentes tipos de la producción de miel, sabiendo que la producción de miel es un carácter aditivo, para el número máximo la fórmula será 2n + 1, si el número máximo de pare-

jas es 16 porque existen 16 cromosomas, entonces la fórmula será 2X16+1=33 diferentes tipos, pero dentro de estos 33 diferentes fenotipos, el número de genotipos puede ser diferente.

5.2 GENÉTICA DE POBLACIONES

Hasta ahora hemos explicado el cruzamiento entre diferentes individuos, pero es importante saber que sucede en toda una población o en todo el apiario, por ejemplo cuando se introduce un 10% de abejas caucásicas o cordoban, después de algunas generaciones, todas las abejas serán híbridas o algunas conservarán su pureza.

Ejemplo:

k	k
● italianas	● cordoban
●	●
k	k
90%	10%
0.9	0.1

Pero en este sentido no se cruzarán solamente las italianas y las cordoban sino que se cruzarán italianas con italianas, cordoban con cordoban, y cordoban con italianas.

k k	k k	k k minúscula
-x-	-x-	-x-
k k	k k minúscula	k k minúscula

5.2.1 FRECUENCIA DE TRASMISIÓN

La frecuencia de 0.9, es 90% y se introduce. La frecuencia 0.1 10% por lo que se tiene de estos porcentajes diferentes combinaciones de genes, los cuales serán gametos "K" mayúsculas que representan a las abejas italianas y el otro gen es "k" minúscula que representa al cordoban, la frecuencia de los genes "k" mayúscula es 0.9 y la "k" minúscula será 0.1. Al hacer los cruzamientos, se tienen dos genes, en frecuencia 0.9 y 0.1, normalmente los huevos pueden ser fecundados, por el semen del zángano en cualquier combinación, al tener dos símbolos debemos tener frecuencia, los genes "a", "a" minúscula en la frecuencia 0.9 al fecundar en esta, será igual a 0.81, pero también el gene en la frecuencia 0.9 será cruzado en la frecuencia 0.1 y tendremos 0.09 y así tendremos los símbolos y las frecuencias.

Frecuencia 0.9 y frecuencia 0.1

k-k		k	kk	kk
0.9	· 0.1	p = 0.9	p^2 = 0.81	PQ = 0.09
k	k	k	kk	
P = 0.9	Q = 0.1	Q = 0.1	PQ = 0.09	Q^2 = 0.01

En esta forma se tiene la frecuencia en números y en símbolos.

F_1 p^2kk + 2 pq kk + q^2kk = 1

F_1 0.81 kk + 0.18 kk + 0.01 kk = 1

italiana	italiana	cordoban
X italiana	X cordoban	X Cordoban

Así se pueden ver todas las posibilidades de cruzamientos, de donde se determina que no todas las reinas serán híbridas, solo el 18% algunas quedarán puras tanto italianas con 81% como cordoban con 1% pero al principio se tenían 90% tipo italiano y 10% tipo cordoban después del cruzamiento la frecuencia de genotipos puros se cambió, a 81% y a 1%.

F. de genes o alelos k minúscula K mayúscula.

kk con frecuencia 0.81 en este genotipo se encuentran dos k minúscula, la frecuencia de genes K mayúscula será dos veces más grande, porque cuando los genotipos se encuentran en 0.81 se componen de dos genes de manera que kk 0.81 = 1.62, el otro genotipo k minúscula y K mayúscula, que sustituye al de italianas y cordoban, la frecuencia es 0.18 pero también esta representado por 2 diferentes alelos o genes de manera que kK 0.18 = 36 pero la mitad será minúscula y la mitad será mayúscula y tendermos 0.18 uno y otro 0.18.

kK = 0.18 + 0.18, en el tercer genotipo tendremos KK mayúscula y la frecuencia es 0.01 ésta también será más alta porque también está dada por dos genes o alelos y será igual a 0.02.

kk	= 0.81	= 1.62		
kK	= 0.18	= 0.18	0.18	
KK	= 0.01	=	0.02	
	1.00	1.80	0.20	
		0.9	0.1	Esta será la frecuencia de genes.

La última operación se dividió entre dos para simplificar, obteniendo las frecuencias 0.9 y 0.1 de donde se puede ver que la frecuencia de genes después de todos los cruzamientos es la misma que al principio, está es la ley de Hardy-Weinberg, que dice que después de los cruzamientos libres, se cambia la frecuencia de los fenotipos, pero la frecuencia de los genes es la misma en diferentes combinaciones siempre y cuando la población sea grande y no se practique selección ni se presenten mutaciones ni migraciones sin embargo, debemos saber cuantos quedarán puros cuando se introducen algunos genotipos extraños en una población, con una pareja por un lado tenemos p^2 y por el otro q^2 si calculamos con diferentes frecuencias, tenemos K mayúscula k minúscula, introducimos 0.2 la otra será 0.8, cuantos italianos quedarán puros con la frecuencia 0.8 $Fp = p^2 \times q^2$ 0.8 x 0.2 = 0.64 x 0.04, 0.8 es lo mismo que $p^2 = 0.64$ y 0.2 es lo mismo que $q^2 = 0.04$ se puede ver que se introduce 20% de los cuales quedarán puros 4% Cuando introducimos 0.3 el otro quedará 0.7 de donde 0.3 = 0.09 y 0.7 = 0.49.

KK kk
0.7 X 0.3 = 0.49 X 0.09

pero cuando introducimos la mitad de abejas puras italianas y la otra mitad cordoban, ambas serán en 0.5 de donde quedarán puras 0.25 de unas y 0.25 de las otras que suman 0.50 el otro 0.50 que faltan serán las híbridas, se observa que la frecuencia de puras baja.

Cuando los cruzamientos se realizan con dos parejas, por ejemplo, si se introducen abejas cordoban con ojos blancos, "a" minúscula que es el color del cuerpo, "b" minúscula que es el color de ojos en una frecuencia de 0.9, los cruzamientos con A mayúscula y B mayúscula en una frecuencia de 0.1 que significa aquí el color cordoban y los ojos blancos, tendremos cruzamientos puros y los híbridos de los dos genotipos.

$$\frac{A}{A} - \frac{B}{B} \times \frac{A}{A}\frac{B}{B}\frac{A}{A}\frac{B}{B} \times \frac{A}{A}\frac{B}{B}\frac{A}{A} \times \frac{B}{B}$$

0.9 0.1 AB - ab - ab - AB

Estos serán los cruzamientos, con los dos genotipos, pero también se van a cruzar las puras, y tendremos estos tipos de cruza-

	ab 0.9 0.9 0.81	aB 0.9 0.01 0.09	Ab 0.1 09 0.09	AB 0.1 0.1 0.01
ab 0.81	aa bb 0.6561	aa bB 0.0729	Aa bb 0.0729	Aa Bb 0.0081
aB 0.09	aa Bb 0.0729	aa BB 0.0081	aA Bb 0.0081	aA BB 0.0009
Ab 0.09	Aa bb 0.0729	Aa Bb 0.0081	AA bb 0.0081	AA b 0.0009
AB 0.01	Aa Bb 0.0081	Aa BB 0.0009	AA bB 0.0009	AA BB 0.0001

Fr: PUROS = $P^{2n} = 2^{2n}$

n = Nº DE PAREJAS

FIG. No. 23

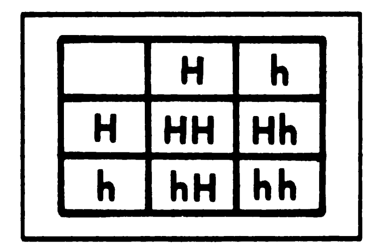
mientos a/a b/a X a/a b/b a/a b/b de donde resultan los puros y diferentes tipos de gametos, huevos AB-ab-ab-AB, porque la frecuencia de "a" es 0.9 y la de b es 0.9, esta frecuencia será 0.81 y lo mismo con el otro gene tendremos 0.1 X 0.1 = 0.01, se tienen más posibilidades, pero algunos quedarán puros como se observa en el cuadro anterior.

5.2.2. TRANSMISIÓN DEL CARÁCTER PRODUCCIÓN

Ahora veremos que ocurre con la producción de miel, cuando se tienen abejas con alta producción de miel ¿cuál será la frecuencia de las combinaciones en la baja y alta producción? el símbolo de la frecuencia es p^2 q^2.

Si "h" mayúscula como genotipo que representa la producción de 10 kg. al cruzarlas tendremos un nuevo genotipo que juntos van a

producir 15 kg. de miel, en estas condiciones los genotipos puros hh mayúsculas producen 20 kg. de miel considerando solamente el valor aditivo, sin heterosis y hh minúscula producen 10 kg. de miel porque cada gene h minúscula es responsable de 5 kg. La frecuencia pq 0.5 de diferentes genotipos será 0.25 que representa el 25% de colonias puras con alta producción 50% colonias híbridas con producción media y 25% con producción baja. Al querer calcular la producción total del apiario si este cuenta con 100 colmenas, entonces tenemos 25% de colonias que producen 20 kg. si multiplicamos 20 x 25 = 500 kg. 15x50 = 750 kg. 25x10 =250 kg. todo junto suma 1,500 la media será 15 kg. si no se hace ninguna selección, esto se continuará de un año al otro con las diferencias causadas por el medio ambiente. Debido a que el apicultor dejó las abejas que producen 10 kg., cuando se eliminan estas que representan el 25%, nos queda otro 25% de producción alta y 50% de producción media, en estas condiciones la frecuencia de genotipos quedará solamente en 75 colonias y calcularemos nuevamente la frecuencia que será de 0.33 ya que eliminamos todas lar reinas que producen 10 kg. pero quedarán HH y las híbridas Hh y cuando ellas se cruzan, de nuevo recibimos puras e híbridas



	H	h
H	HH	Hh
h	hH	hh

FIG. No. 24

Puras HH, híbridas Hh y puras hh que producen 10 kg. pero la frecuencia es más baja del 0.1 al sumar la producción tendremos 1,680 kg. la media será de 16 kg. se observa que en la generación siguiente la media aumentó, la selección es un trabajo continuo, no consiste en matar las reinas que producen poco y dejar las que producen mucho, porque en las nuevas generaciones recibiremos, un porcentaje de colonias que producen poca miel, por que en el apiario existen híbridas, que al cruzarse nuevamente producen puras hh, sin embargo, la frecuencia de las que producen mucho aumenta y la de las otras disminuye, por ejemplo en una tercera generación, la frecuencia de las abejas que produjeron 10 kg. es de 0.06 que representa el 6% que al principio era 25%, y la producción media aumentó, así la genética de población resulta de mucha importancia para la práctica apícola de todos los países.

6. SELECCIÓN

El objetivo de la selección, es escoger sistemáticamente la parte de la población en que están más desarrolladas las propiedades deseables y emplear los individuos escogidos como padres de la siguiente generación, en el caso de un apiario, vamos a seleccionar las mejores colonias; las que produzcan más de 50 kg. de miel, pero también cuidaremos que no sean muy defensivas de manera que de toda la población elegimos una parte y de ella criamos, cuando tenemos la media del apiario, seleccionamos otro grupo donde la media es 75 kg. la diferencia entre las dos medias, entre la media de la población y la del grupo seleccionado se llama diferencia de selección, el símbolo es ds. Cuando la diferencia es más grande el proceso de selección será más rápido, por ejemplo, una media de 50 kg. y seleccionamos las que producen 55 kg. en la próxima generación tendremos un progreso muy pequeño, entonces se seleccionará la colmena de producción más alta, pero existe otro problema porque no se debe seleccionar una sola reina como madre, porque los huevos serán homocigotos. Con respecto a los genes de sexo, entonces la diferencia debe ser tan grande como sea posible, pero no tan grande que solo queden dos o tres reinas porque tendremos otros problemas. De la segunda generación, se selecciona otro grupo, la media será más alta, esto es solo teóricamente desde el punto de vista de genética, porque en la práctica hay intervención del medio ambiente (que influye mucho más en la producción que los genes), la diferencia entre la media de producción de la primera generación y la media que se logró con la selección se denomina progreso de selección ps. Cuando no hay intervención del medio ambiente en-

tonces la diferencia de selección y el progreso de selección es lo mismo, pero con la intervención del medio ambiente recibimos una población de reinas que producen más, en estas la media es 50 kg. y otro grupo con la media de 75kg. al criar reinas de los dos grupos, en estas últimas no obtenemos la media de 55 kg. sino más baja a esto se le llama regresión. Esto sucede porque la producción no depende solo de los genes, sino también del medio ambiente, por ejemplo, seleccionamos las colonias que producen más miel, y en la otra generación la producción es extraordinaria, porque las abejas robaron la miel de otras colmenas, ya que esto depende del medio ambiente. Porque al no existir alimento en el campo las colonias fuertes roban a las colonias débiles.

6.1. HEREDABILIDAD

En la variación genética interviene el medio ambiente y se tiene las siguiente fórmula VF = VG+VA VG = variación genética, VA = variación ambiental y VF = variación fenotípica.

El radio entre la variación genética y fenotípica se llama heredabilidad (proporción del fenotipo que es transmitido a la siguiente generación). En el caso de la producción de miel es de 0.25 aún cuando existen reportes variados que van de 0.05 a 0.55 para entender esta explicación tomaremos como ejemplo 0.25 que representa el 25% esto quiere decir que sólo este porcentaje depende de los genes y el 75% del medio ambiente. Para estimar la media de la producción se resta la media de la población seleccionada de la media de la población original, en la misma forma se puede preveer no solamente la producción total del apiario, sino el valor de las reinas de la próxima generación, por ejemplo seleccionamos la mejor reina que produce 100 kg. de miel, no se puede esperar que todas las hijas produzcan 100 kg. porque la diferencia de selección es de 50 kg. al multiplicar la heredabilidad 0.25 X 50 kg. + 50 kg. igual a 62.5 kg. la producción de estas hijas será 50 + 12.5 = 62.5 kg. algunas pueden producir 150 kg. otras 80 kg. pero no necesariamente 100 kg. porque hay influencia del medio ambiente.

Cuando la media de producción es 80 kg. sólo el 25 % depende de los genes considerando este caso, pero es importante aclarar que en cada apiario y colmena puede haber diferencia porcentual de H^2. La diferencia de selección será ds = 80 = 50 + 30, el progreso de selección ps = 30 X 0.25 = 7.5 kg. la media será 50 + 7.5 = 57.5 kg. la fórmula para éstos cálculos es $M = \bar{X}1 \times H^2 (X1 - X2)$, X representa la media de la

nueva producción, H^2 representa la heredabilidad la diferencia de selección. La heredabilidad es muy importante para saber que se puede esperar antes de criar reinas, se puede calcular la heredabilidad de diferentes factores. La producción de huevos es muy semejante $H^2 = 0.23$, cuando la heredabilidad es baja, el carácter depende mucho del el ambiente, cuando es alta el carácter depende poco del medio ambiente, y cuando la heredabilidad es muy alta, significa que depende poco o nada del medio ambiente, por ejemplo el color de ojos tiene un valor de 1, por lo que no depende del medio ambiente.

6.2 MEJORAMIENTO DE ABEJAS

Existen muchos programas para mejoramiento de abejas, por lo que muchos se preguntan ¿cuál será el mejor? la respuesta es, no existe el mejor programa para mejorar abejas, si existiera, cada uno lo aplicaría y habría terminado la búsqueda; existen distintos programas de selección pero no hay uno óptimo.

6.2.1 MEJORAMIENTO MASAL

Se debe hacer una evaluación de cuantos kg. de miel producen las colonias, 20, 30, 50, 70, 80, etc. de las mejores colonias elegimos el 10% para criar nuevas reinas, al tener esta generación cambiamos todas las reinas, si por ejemplo tenemos 500 colmenas debemos criar 500 reinas viables para cambiar, todas que provengan del 10% seleccionado, al término de la cosecha hacemos otra evaluación y elegimos nuevamente el 10% de las mejores para criar otra generación de 500 reinas viables, que se cruzarán con los zánganos de todos los apiarios o bien con todos los zánganos del mismo 10% seleccionado. Es un programa muy popular en el que se puede obtener algún progreso.

6.2.2. MEJORAMIENTO EN PARENTESCO MODERADO

Se tienen algunas reinas, de ellas se produce la segunda generación, se evalúan las reinas en cuanto a producción, pero lo importante, es que se evalúe la media de todas las hijas de cada madre, la diferencia con el método anterior es que en este método se evalúa a la madre en relación a la producción de sus hijas, en este método se deben manejar tres grupos de colonias para tener tres evaluaciones de la media de producción, por ejemplo, en un grupo se tienen 20, 30, 40 kg. de miel, en otro grupo lo mismo y en el tercero tenemos 10, 20, y 55 aquí

se encuentra una reina muy buena pero la media será 40 kg. y en los otros 25 kg., pero no vamos a criar las reinas de la más buena porque este dato no es el resultado de los genes sino del medio ambiente, porque sabemos que la diferencia sólo depende del 25% por eso se calcula la media de todas las hijas y después se crían las abejas reinas de las mejores de un grupo, para no producir consanguinidad, los zánganos se crían de otro grupo que haya alcanzado la media más alta, para esto se requiere otro apiario para tener algunas colonias para producción de zánganos, la selección de las madres depende de la producción de las colonias y la segunda madre seleccionada depende de la producción de su hija, cuando tenemos un grupo que produjo mucha miel, podemos producir abejas reinas para vender a los apicultores, con la seguridad que la producción será alta. El problema de este método es que no todas las madres sobreviven o siguen poniendo adecuadamente después de un año que se requiere para evaluar a las hijas.

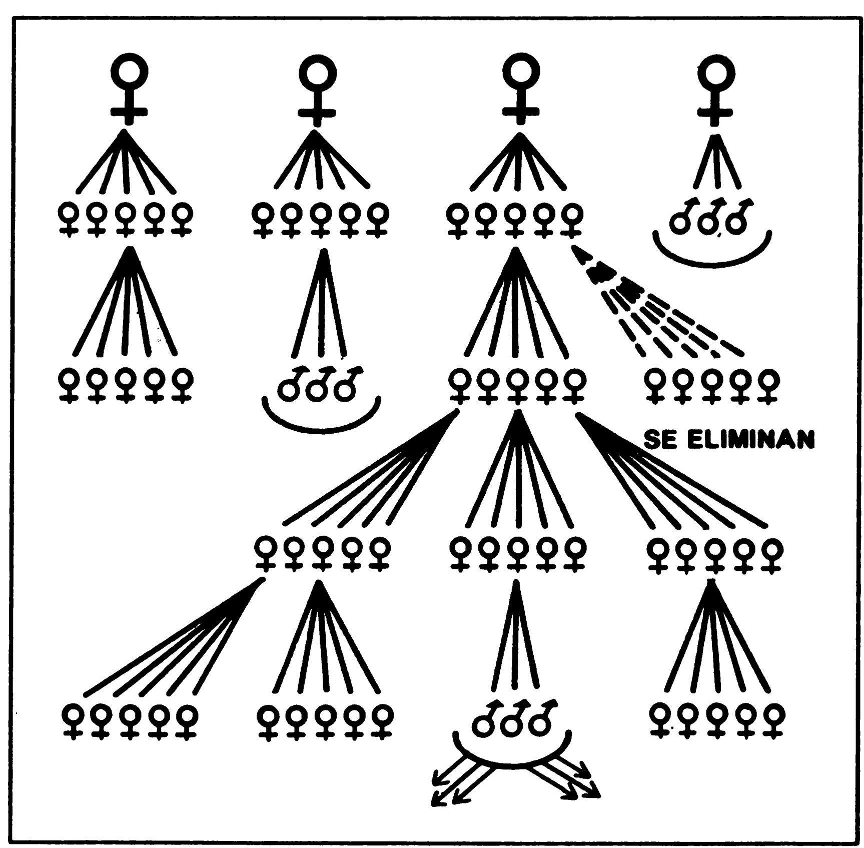


FIG. No. 25 DIAGRAMA DE SELECCION EN PARENTESCO MODERADO.

6.2.3 MEJORAMIENTO DE LINEAS.

Esto se realiza cuando se tienen algunas colonias muy buenas y se desea conservar los genes de alta producción, pero no se puede cruzar hermana con hermano, porque producimos consanguinidad. Entonces de una reina de alta producción criamos otras reinas.,

Estas son cruzadas con zánganos hijos de otras reinas y en la siguiente generación, acumulamos los genes de la primera reina, esto significa que después de una o dos generaciones, cruzamos entre ellas 4 por ejemplo y después acumulamos en una sola.

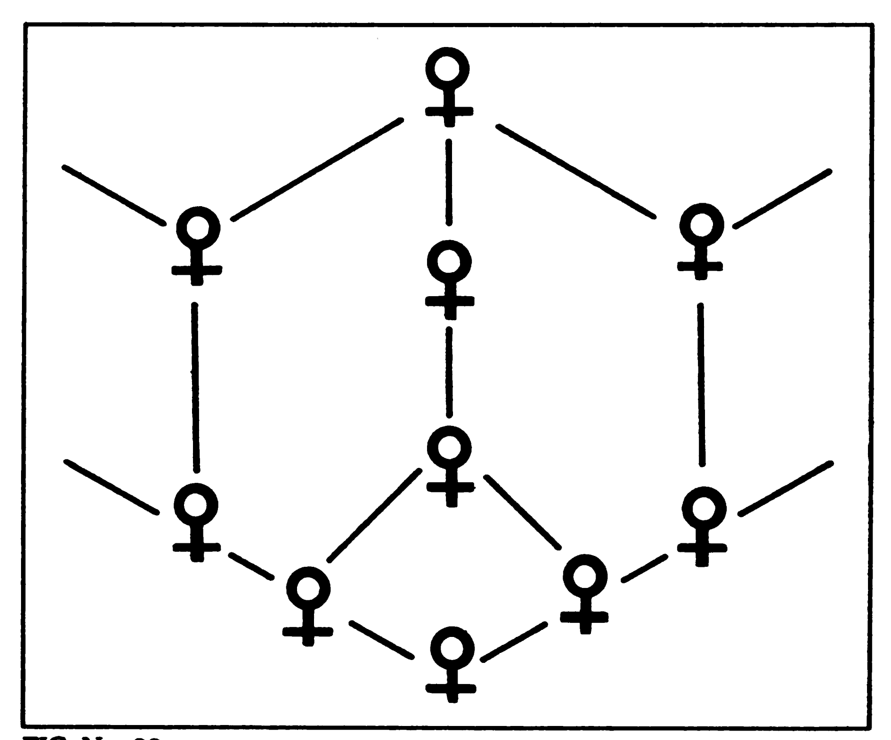


FIG. No. 26

Existen diferentes programas y se pueden hacer distintas líneas para después acumular en una reina.

En todos los programas de selección se deben hacer varios cálculos, primero obtener el coeficiente de parentesco, que nos indica

cual es la proporción de los mismos genes en dos individuos y que cantidad de genes de un individuo es el mismo en el hijo.

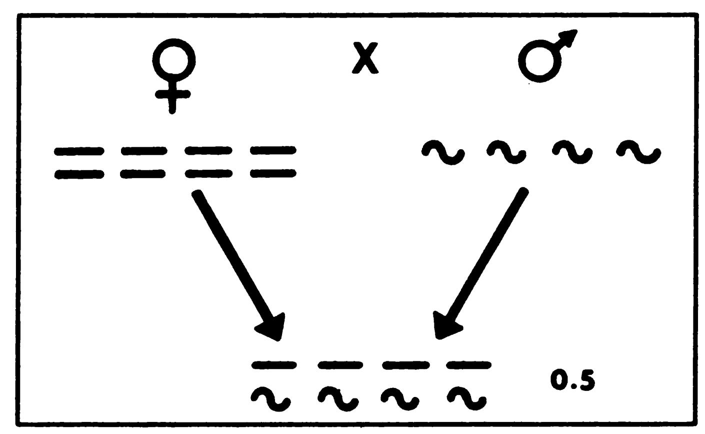


FIG. No. 27

Al hacer una cruza de una reina con zánganos, la hija resultante recibirá el 50% de los genes, entonces la hija tiene solamente la mitad 0.5 de los mismos genes de la madre, esto es el coeficiente de parentesco. El símbolo es R.

Por ejemplo, una madre que no tiene todos los genes iguales porque esto significaría que es pura y normalmente son híbridas y que tienen diferentes cromosomas con diferentes genes, un huevo recibe unos genes, otros huevos reciben otros genes y por azar la mitad de los genes serán los mismos y la mitad serán otros.

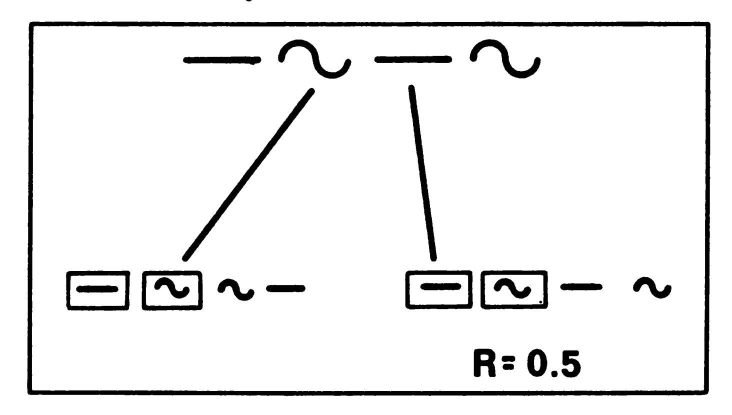


FIG. No. 28

Se puede decir que el coeficiente de parentesco entre dos hijos de la misma reina es de 0.5 aún cuando la reina puede ser inseminada por un zángano o por algunos zánganos de otras reinas que no tienen los mismos genes, el número de caminos de un individuo a través de su padre o madre, se obtiene con la siguiente fórmula:

$$R = (1/2)^2 = 1/2 = 1/4 = 0.25$$

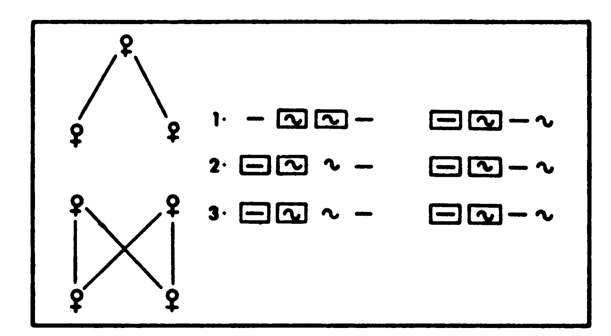


FIG. No. 29

Es importante saber que el resultado de las etapas en cada división es el mismo que en el caso anterior, aún cuando la reina sea inseminada con zánganos de distintas madres que no tienen los mismos genes.

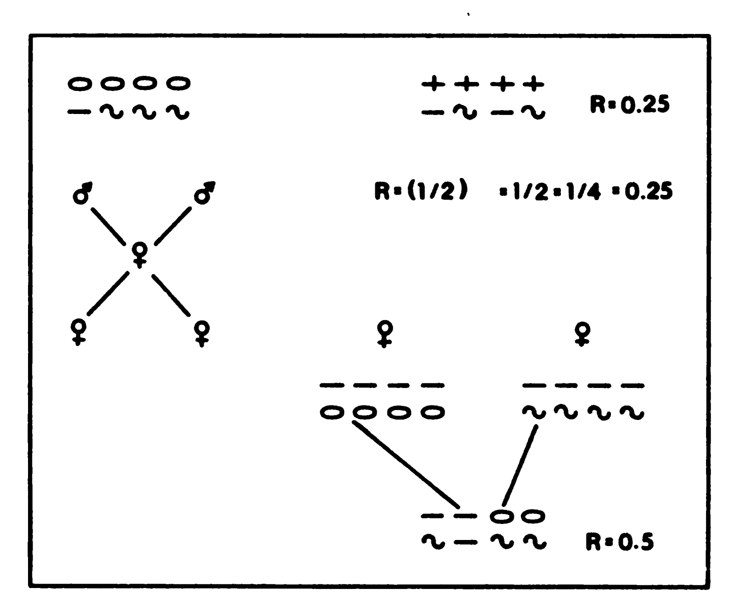


FIG. No. 30

Se debe calcular el número de caminos de un individuo a otro, cuando dos hermanas tienen padre de la misma reina, pero los espermatozoides son de zánganos de otra madre, entonces el coeficiente de parentesco $R = (1/2)^2 + (1/2)^2 = 1/4 + 1/4 = 2/4 = 0.5$, que es el coeficiente de consanguinidad, este número indica cual es la proporción de los mismos genes, por azar solamente la mitad de los genes será la misma y cuando se cruzan la mitad de los genes que se encuentran en el mismo lugar, solamente la mitad de la mitad serán los mismos, desde luego que se tienen más genes, pero son diferentes en las distintas parejas, el símbolo es $F=1/2\ R$. El parentesco es más alto cuando la proporción de genes en los padres es mayor por lo que la consanguinidad en la segunda generación será más alta, por encontrarse mayor cantidad de los mismos genes.

Por ejemplo si se encuentran individuos con diferentes coeficientes de consanguinidad, cuando $F = 0.25$ significa que la consanguinidad es igual a un cuarto o sea 25% de los genes son los mismos, en este caso solamente una pareja de los genes son los mismos.

Cuando la consanguinidad es $F = 0.50$ significa que deben encontrarse la mitad de los mismos genes $f = 0.50$ F=0.50
la consanguinidad con 4 parejas será 50%

Cuando $F = 0.75$ significa que tres parejas de las cuatro existentes son las mismas y el coeficiente de consanguinidad es del 75% $F = 0.75$ F=0.75 un coeficiente de parentesco del 0.9 en 10 parejas de genes expresa que 9 parejas de genes son iguales y el coeficiente de consanguinidad será del 90%

FIG. No. 33 F=90%

Para producir híbridos, primero se deben producir líneas puras, donde el coeficiente de parentesco sea muy alto $F = 0.9$ a $F = 1$, en los cuales todas las parejas de genes son iguales, podemos decir que la proporción de parejas homocigotas depende del parentesco de los padres, donde la proporción de parejas puras será más alta.

$F = 1$ F=1

el coeficiente de consanguinidad en este caso es del 100%.

Para obtener estas líneas puras se pueden hacer diferentes tipos de cruzamientos.

- Una reina con un zángano cualquiera.
- La reina con su hermano.
- La madre con su hijo.

Para el último tipo de cruzamiento, se trata a la reina virgen con gas carbónico, para estimularla a que ponga huevos no fecundados, cuando los zánganos maduren, se insemina a la reina con el semen de su hijo, en la siguiente generación la proporción de los mismos genes será más alta F = 0.5 como coeficiente de consanguinidad. F = 0.5

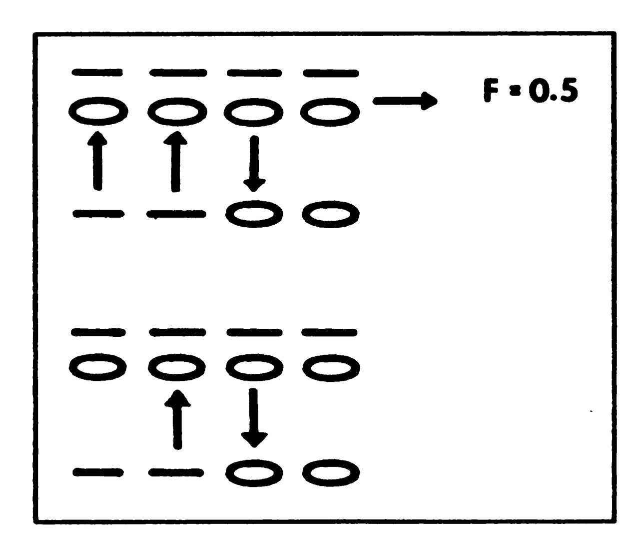


FIG. No. 35

La producción de miel es más alta cuando se producen híbridos donde no hay segregación, pero en una segunda generación de estos híbridos hay segregación y algunas veces la producción es muy baja.

6.2.4. SELECCIÓN EN POBLACIONES CERRADAS

La población cerrada es aquella en la que no se introducen nuevos individuos, reinas o zánganos. Cuando el número de colonias es bajo se pierden los alelos de sexo, desde este punto de vista es importante saber el número de progenitoras a usarse para no bajar la sobrevivencia de la cría.

Cuando las abejas se reproducen en forma natural y el número de colonias es bajo, no es posible mantener un número alto de alelos de sexo.

Una colonia de abejas, no es como en una familia donde la constituyen el padre, la madre y los hijos, en la colonia de abejas existieron distintos padres, de ahí que se tenga la expresión "población efectiva" y esto calculado estadísticamente, arrojara que la población efectiva es dos veces mayor que el número de colonias, por que si una reina es inseminada con 8 zánganos y de esta se crían algunas reinas no todas son hijas del mismo padre, por eso el número de familias efectivas será dos veces mayor que el número de colonias. El número de colonias efectivas depende del número de zánganos que van a inseminar a las reinas, por que aunque sea una colonia, no es una sola familia sino una población compuesta de varias, subfamilias ya que la reina es inseminada por muchos zánganos. Cuando la reina se insemina con un sólo zángano, tiende a perderse el número de alelos de sexo. Lo importante no lo constituye el número de colonias sino el número de alelos de sexo que se pueden encontrar en una población de los cuales depende la sobrevivencia, por ejemplo si en 50 colmenas solo se encontrarán 5 alelos de sexo, el 20% de huevos van a desarrollar zánganos diploides y la sobrevivencia será del 80%, cuando las reinas se crían de más progenitoras, la sobrevivencia aumenta, por que se incrementa el número de alelos de sexo.

Page y Laidlaw demostraron que reproducir la siguiente generación de 50 colmenas en población cerrada se afecta la viabilidad de la cría en por lo menos 5 a 10 años en no más del 8%.

Cuando la sobrevivencia de la cría en una población después de 40 generaciones no baja de 80 a 70%, la población debe de ser 50 colonias, y cuando baja hasta 50%, la población será de 30 colonias por lo que se requiere que en una población cerrada en una Isla, no deben ser menos de 35 colonias, porque se tornaría en problema la cría salteada, la probabilidad alta del 90% se puede lograr con 50 colmenas y después de 40 generaciones no bajará del 85%, se entiende que en este sistema de selección se llevarán los registros de cada colmena para utilizar como progenitoras a las reinas en las que sobresalgan las características deseables, para realizar los ciclos de producción de las nuevas generaciones.

Parece ser que este método es el más práctico y prometedor hoy en día. El Progreso genético se puede acelerar si ocasionalmente se prueban y se introducen a una población cerrada líneas de abejas que produzcan más en condiciones ambientales similares.

Terminología Usada

ALELOS.- Genes que ocupa la misma posición relativa (locus) en cromosomas semejantes.

APAREAMIENTO.- Disposición en pares de los cromosomas homólogos durante la meiosis.

CIGOTO.- Ovulo o huevo fecundado antes de iniciarse la segmentación.

CITOLOGIA.- Estudio de la célula.

COPULACION.- Unión corporal de los sexos para el transporte del espermatozoide al órgano sexual femenino, para la reproducción.

CORDOBAN.- Mutación del color de las abejas, ocasionada por un gene recesivo.

CONSANGUINIDAD.- La proporción de los mismos genes que se encuentran en dos individuos o la cantidad de genes que un individuo trasmite a su descendencia.

CORION.- Membrana que protege el desarrollo del embrión.

CROMATINA.- Nucleoproteína de los cromosomas, que se tiñe intensamente con los colorantes básicos.

CROMOSOMA.- Corpúsculo filamentoso constituido principalmente por ADN y proteína se encuentra en todas las células animales y vegetales en número variable en el núcleo de ellas.

DIPLOIDE.- Núcleos cuyos cromosomas se presentan en pares.

EMBRION.- Animal en proceso de desarrollo a partir de un huevo.

ENZIMAS.- Sustancias que desdoblan a otras haciéndolas más sencillas, se producen en el interior de la célula viva y la mayoría actúan en ella.

ESPERMATOZOIDE.- Pequeño gamento masculino, móvil mediante flagelo.

ESPERMATECA.- Organo de la hembra que recibe y almacena los espermatozoides del macho.

ESPERMATOGENESIS.- Formación de espermatozoos.

FECUNDACION.- Unión de los núcleos haploides del espermatozoide y el óvulo.

FENOTIPO.- Imagen ó productividad aparente de un individuo.

FEROMONA.- Sustancia química que al liberarse en un animal influye en el desarrollo o comportamiento de otros individuos de la misma especie.

GAMETOS.- Células sexuales o germinales de los organismos.

GENE.- Estructuras contenidas en los cromosomas que determinan las características hereditarias de los seres vivos.

GENOTIPO.- Constitución genética que determina en parte los caracteres manifestados por el organismo.

GINANDROMORFO.-Individuo genotípicamente y fenotípicamente con características y tejidos de ambos sexos.

HAPLOIDE.- Que tiene un sólo complemento de cromosomas en cada núcleo en lugar de dos.

HERENCIA.- Conjunto de caractéres anatómicos y fisiológicos transmitidos de padres a hijos.

HETEROCIGOTO.-Con dos alelomorfos diferentes en dos locus correspondientes de un par de cromosomas.

HOMOCIGOTO.- Que tiene genes idénticos en dos locus correspondientes de un par de cromosomas.

HIBRIDO.- Individuo en cuyos cromosomas existen genes (heterocigoticos) capaces de determinar características distintas.

***HUEVO.**- Célula germinal femenina ovopocitada o fertilizada.

INSEMINACION.-Deposición del semen en el tracto genital de la hembra.

LOCUS.- Lugar donde se localiza un determinado gene en el cromosoma.

MEIOSIS.- División celular en la que se reduce a la mitad el número de cromosomas, como principio de la reproducción sexual.

METAMORFOSIS.-Desarrollo escalonado de algunos insectos que cambian de forma al pasar de una etapa a otra.

MITOCONDRIA.- Organelo celular donde se llevan a cabo las reacciones metabólicas de la respiración aeróbica de las células.

MITOSIS.- Reproducción celular por división directa.

MUTACION.- Cambio súbito en la composición de los genes ADN cromosómico.

NUCLEO.- Cuerpo que contiene los cromosomas de las células vegetales y animales.

OVARIOS.- Organos sexuales femeninos donde se forman los gametos.

OVOPOSITAR.-Deposición de los huevos.

OVULO.- Célula sexual femenina.

PARTENOGENESIS.-Desarrollo del óvulo sin fecundar dando origen a un nuevo individuo.

PUPA.- Estadio intermedio entre larva y la forma adulta durante el desarrollo de algunos insectos.

QUIMIOTACTISMO.-Estímulo que se produce por una sustancia química de atracción o rechazo según sea positivo o negativo.

RECESIVO.- Factor de los padres de un híbrido que no se manifiesta en el por ser dominante su alelo.

SEMEN.- Producto de los órganos reproductores masculinos constituidos por espermatozoides y secresiones de diversas glándulas accesorias.

TESTICULO.- Organo productor de espermatozoides en los animales.

VESICULAS.- Organos que en el macho almacenan espermatozoides y que producen sustancias para nutrirlos.

Bibliografía

Camargo Métodos de control de fecundación natural e instrumental anais 3o. cong. Bras. Apic. 1974.

Cornuet J.M.,
Fresnaye J., and Lavie p. Etude biométrique de deux population d'abeilles cevénoles apidologie 1978.

Chaud-Netto, J. Estudios de segregacao como o genelaranja em apis mellifera (hymenop-tera, apidae) cien. cult., (Sao Paulo) 1975.

Fresnaye, J. Influence des variations de lâge de maturite sesuale ches les reines d'abelles/apis mellifica mellifica fecundeés par insemination artificialle 1966.

Garmer J. Eldon Principios de genética
Universidad del Estado de Utha,
U.S.A. 1964.

Kerr, W.E. Sex cromosome in haney bees evolution 1951.

Kerr, W.E. Advances in cytology and genetics of bees annu. rev. ent. 1974.

Kerr, W.E. General genetics of bees 1956. and Laidlaw, H.H., Jr.

Kerr, W.E. Genética da determinacao do sexo en abelhas x programacao de actividade dos genes determinadores de sexo e casta proc. congr, bras. apicultura piracicaba 1974.

Laidlaw, H.H.
and el-Banby, M.A. Inhibition of yellow body color in the haney bee apis mellifera L.J. Hered 1962.

Louveaux, J.
Mesquida, J.
Fresnaye, J. Observation sur la variabilite de la production du cournin de meleu dans les colonies d'abelles apis mellifera L. Apidol. 1972.

Mackensen, O. Viability and sex determination in the honey bee/ apis mellifera 2/genética 1971.

Mackensen Some improvements in method and syringe design in artificially insemination of quee bee. J. econ ent. 1954.

Maning F. J. Sex determination in the honey bee evolution 1951.

Montagner, H. Essais preliminaires de mesure de la capacite d'elevage dan la roche annls abeille 1962.

Rothenbuhler, W.C., Behaviour genetics of nest cleaning in honey bees. L. responses of four inbred lines to disease-killed brood anim. behau 1964.

Tomas E. RindererBee genetics and breeding honey bees breeding genetics and physiology laboratory agricultural research service United States departament of agriculture baton rouge, Louisiana 1986.

Woyke, J. Biology of reproduction and genetics of the honey bee. Bee culture division warsaw-ursinow poland-reporting period september is 1971-september 14-1978.

Hislologiczna burdowa organow rozrodezych trutnia prace kom, biol., pozn 1958.

Study on diplid drone bees proc. v congr. I.v. s.s.i. 1965.





UNA PUBLICACION DE LA SECRETARIA DE AGRICULTURA, GANADERIA Y DESARROLLO RURAL (SAGAR)

Editada por el Programa Nacional para el Control de la Abeja Africana y financiada por el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).

Impreso en México, D.F.

Julio, 1998.

consta de 1000 ejemplares






SAGAR